This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Digitized by Google

THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

PRESENTED BY
PROF. CHARLES A. KOFOID AND
MRS. PRUDENCE W. KOFOID

Digitized by Google

Digitized by Google

DAS

MIKROSKOP

UND

SEINE ANWENDUNG.

Digitized by Google

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

Digitized by Google

DAS

MIKROSKOP

UND

SEINE ANWENDUNG

VON

Dr. LEOPOLD DIPPEL.

ZWEITER THEIL.

Anwendung des Mikroskopes auf die Histiologie der Gewächse.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN UND 8 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1869.

Digitized by Google

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache, sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

Digitized by Google

K-QH205
D5
v.2
Biol.
Lib.

SR. KÖNIGLICHEN HOHEIT

DEM

GROSSHERZOGE VON OLDENBURG,

DEM HOHEN FÖRDERER

SEINER WISSENSCHAFTLICHEN ARBEITEN

IN

EHRFURCHTSVOLLSTER DANKBARKEIT

GEWIDMET.

M356123

Digitized by Google

Digitized by Google

VORREDE.

Ueber Zweck und Umfang dieses Theiles, welcher zugleich eine gedrängte, aber möglichst umfassende Darstellung der vegetabilischen Histiologie enthält, hat sich der Prospect hinreichend ausgesprochen. Man wird mir daher in dieser Beziehung jede weitere Erörterung an dieser Stelle um so eher erlassen, als das Buch selbst für sich zu sprechen hat. Ich hoffe, es soll allen denen willkommen sein, für die ich es zunächst bestimmt habe und denen es — sei es zur mehr allgemeinen, bestimmten Zwecken dienenden Orientirung, sei es zur Vorbildung für eigene specielle Untersuchungen — darum zu thun ist, in wahrem Interesse für die Wissenschaft auf der von Schleiden vorgezeichneten Bahn exakter Forschung fortzuschreiten. Auch die Arbeiter in verwandten Gebieten, namentlich in der Phyto-Paläontologie, werden darin, vorzugsweise aber in den Abschnitten über die Untersuchung der Gewebe und der Organe, manches verwendbare Material zu Anhaltspunkten für ihre Beobachtungen finden.

Während des Druckes, der schon vor über zwei Jahren begonnen hat und für eine grössere Bogenanzahl vollendet war, sich dann aber verzögerte, sind auch die zweite Abtheilung des Mikroskopes von Nägeli und Schwendener, sowie mehrere andere botanische Werke und Abhandlungen erschienen, welche das ganze Gebiet oder einzelne Theile der Pflanzenhistiologie zum Gegenstande haben. Ich hätte dieselben in späteren Bogen bei der Literaturangabe anführen können, habe es aber unterlassen, weil ich sie an anderen Stellen

Digitized by Google

nicht mehr aufzuführen vermochte, und werde in den Nachträgen auf dieselben hinweisen.

Zu einer Aenderung meiner histiologischen Anschauungen, die ich in Gesammtheit solange festhalten und vertreten werde, als sie nicht durch unzweifelhafte Thatsachen, sondern höchstens durch subjective Ansichten und Zeichnungen — wie z. B. die über Caulerpa u. s. w. veröffentlichten — widerlegt werden, gaben mir dieselben keine Veranlassung. Ebenso wenig mochte ich daraus Gründe zur Polemik schöpfen. Diese gehört zunächst nicht in ein Buch dieser Art. Dann bietet zur Beurtheilung von ungenügend gestützten, von selbstgenüglichem Dogmatismus diktirten Hypothesen, mit denen unsere Wissenschaft in der letzteren Zeit gar reichlich beschenkt worden ist, wie zur Kritik von falsch gedeuteten, oder unrichtigen, auf unzureichender Präparation beruhenden Thatsachen, eine richtig gewählte, mit Gewissenhaftigkeit und strengster Kritik der eigenen Präparate geübte Methode der Untersuchung, wozu ich anzuleiten versucht habe, den sichersten Weg.

Idar, im Januar 1869.

Dr. Leopold Dippel.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichniss des zweiten Theiles.

Erster Abschnitt.

Untersuchungen über die Zelle als Einzelwesen.

Seite

I. Allgemeine Organisation der Zelle 1
Vorkommen der Primordialzelle 2
Beobachtung der Primordialzelle 2
1. Die Zellhaut 3
Optisches Verhalten der Zellhaut 4
Verhalten der Zellhaut gegen äussere Einflüsse 4
Chemische Beschaffenheit der Zellhaut 5
2. Die Zellstoffhülle 6
Optisches Verhalten der Zellstoffhülle 7
Chemische Beschaffenheit der Zellhülle 7
3. Der Zellkern 9
Form und Stellung des Zellkernes 9
Begrenzung und Kernkörperchen 9
Chemische Beschaffenheit des Zellkernes 10
4. Der Inhalt der Pflanzenzelle 10
Protoplasma 11
Optisches Verhalten des Protoplasmas 11
Bewegung des Protoplasmas 12
Wandströmchen 12
Binnenströmchen 13
Entstehung der Binnenströmung 14
Wirkung verschiedener äusserer Einflüsse auf die Bewegung des Protoplasmas 15
Chemische Beschaffenheit des Protoplasmas 18
Zellsaft 19
Geformte organische Inhaltsbestandtheile 20
Stärke 20
Vorkommen der Stärke 20
Grösse und Form der Stärkekörner 21
Structur der Stärkekörner 21
Chemisches Verhalten der Stärke 23
Entwickelung des Stärkekornes 24

Digitized by Google

Seite
Inulin 27
Vorkommen des Inulins 27
Mikroskopischer Nachweis des Inulins 27
Klebermehl 29
Vorkommen und Verhalten 29
Proteïnkrystalle (Krystalloide) 29
Formen der Krystalloide 30
Chemisches Verhalten 31
Chlorophyll 32
Formverhältnisse des Chlorophylls 32
Entstehung des Chlorophylls 34
Entstehung der Stärke im Chlorophyll 35
Farbstoffe 36
Formverhältnisse der Farbstoffe 36
Vertheilung und chemische Beschaffenheit der Farbstoffe . . 36
Krystalle 37
Zusammensetzung und Vorkommen 37
Krystallformen 37
Mikrochemische Analyse 41

II. Entstehung der Pflanzenzelle 42
1. Freie Zellenbildung 43
Verbreitung und Arten der freien Zellenbildung 43
Erste Art der freien Zellenbildung 43
Zellenbildung im Embryosacke 43
Zweite Art der freien Zellenbildung 44
Entstehung der Keimzelle der Moose 45
Entstehung der Vierlingssporen und Pollenkörner 46
Entstehung der ruhenden Sporen der Pilze und Flechten, der Schwärmsporen von Pilzen und Algen 47
2. Zellenbildung durch Theilung 48
Arten und Verbreitung der Zelltheilung 48
Zelltheilung mit simultaner Abscheidung der Zellhülle 48
Zelltheilung im Forbildungsgewebe (Cambium) 49
Zelltheilung im Sameneiweisse 49
Zelltheilung mit succedaner Abscheidung der Zellhülle 49
Zweitheilung 49
Zelltheilung von Cladophora 50
Zelltheilung von Ulothrix 51
Zelltheilung der Oedogonien 51
Viertheilung 54
Entstehung der monokotyledonen Pollenmutterzellen 54
Entstehung der dikotyledonen Pollenmutterzellen 56
Entstehung der Sporenmutterzellen höherer Kryptogamen . . 57

III. Die Umbildung der Zelle 59
1. Grössen- und Formveränderung der Zelle 59
Aus allseitig gleichmässig oder ungleichmässig vor sich gehender Ernährung entstandene Zellenformen 60
Aus nach zwei Dimensionen vorwaltender Ernährung hervorgegangenen Zellenformen 62
Aus einseitig vorwaltender Ernährung hervorgegangene Zellenformen 62
2. Verdickung der Zellstoffhülle 65
Allseitige Verdickung 65
Einseitige Verdickung 65
Schichtung der Zellstoffhülle 67
Schichtenfolge 67
Entstehung der Schichten 72
Formverhältnisse der secundären Verdickungsschichten 77
Ringförmige Verdickungsschichten 78
Spiralige Verdickungsschichten 79

Digitized by Google

Seite
Netzförmige Verdickungsschichten 85
Poröse Verdickungsschichten 85
Ungleichartige Verdickungsschichten 89
Leistenartige und andere Verdickungsschichten 89
Entstehung der Verdickungsformen 91
Entstehung der spiraligen und netzförmigen Verdickungsschichten 91
Entstehung der Poren 93
3. Chemische Umbildungen der Zellstoffhülle 96
Chemisches Verhalten von Holz- und Korkstoff 96
Verholzung 97
Verkorkung 98
4. Intercellularsubstanz und Cuticula 99
Intercellularsubstanz 99
Optisches Verhalten der Intercellularsubstanz 99
Chemisches Verhalten der Intercellularsubstanz 100
Entstehung der Intercellularsubstanz 102
Cuticula 104
Entstehung der Cuticula 104
Chemisches Verhalten der Cuticula 104
IV. Die Arten der Pflanzenzellen 105
1. Parenchymzellen 106
Dünnwandige Parenchymzellen 106
Structur der Zellstoffhülle 107
Chemisches Verhalten der Zellstoffhülle 107
Verdickte Parenchymzellen 108
Collenchymzellen 108
Albumenzellen 109
Verholzte Parenchymzellen 111
2. Faserzellen 111
Gestalt der Faserzellen 112
Structur der Zellhülle 113
Von Pilzen bewirkte Zerstörung der Verdickungsschichten . 116
Chemisches Verhalten der Zellhülle 119
3. Röhrenzellen 121
Vorkommen der Röhrenzellen 121
Gestalt der Röhrenzellen 121
Verdickungsweisen der Röhrenzellen 122
Ringförmig verdickte Röhrenzellen 122
Spiralförmig verdickte Röhrenzellen 123
Uebergänge 124
Entstehung der Verdickungsbänder 124
Präparationsweise 125
Netzförmig verdickte Röhrenzellen 126
Entstehung der Verdickungsschichten 126
Einfluss der angrenzenden Zellen auf die Form der Verdickungsschichten 127
Poröse Röhrenzellen 127
Rundbehöfte poröse Röhrenzellen 128
Röhrenzellen mit in die Breite gezogenem Hofe, sogenannte Treppengefässe 129
Einfluss benachbarter Gewebeelemente auf den Bau der Zellhülle 130
Porös-spiralige Röhrenzellen 131
Stärke und chemisches Verhalten der Verdickungsschichten . 131
Präparationsweise 131
Siebförmig poröse Röhrenzellen („Siebröhren", „Gitterzellen") . . 132
Querscheidewände 132
Verdickungsweise der Längswände 135
Chemische Beschaffenheit der Zellhülle 137
Präparationsweise der Siebröhren 137

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

Untersuchungen über die Gewebe der höheren Gewächse.

Seite

I. Gleichartige Gewebe 138
1. Das Urgewebe oder Urparenchym 138
2. Das Markgewebe 140
3. Das Rindengewebe 147
Innenrinde 148
Aussenrinde, Collenchym 154
Entwickelung des Rindengewebes 156
Das Korkgewebe 157
Primäres Korkgewebe 157
Entstehung des Korkgewebes 157
Form und chemisches Verhalten der Korkzellen 160
Arten des Korkes 161
Borke 163
Entstehungsweise der Borke 163
Borke der Laubhölzer 164
Borke der Nadelhölzer 164
Das Oberhautgewebe 168
Arten und Bau des Oberhautgewebes 168
Epithelium 168
Epiblema 169
Epidermis 169
Formen der Oberhautzelle 169
Structur der Zellstoffhülle 169
Cuticularmetamorphose 171
Oberhautzellen ohne Cuticularschichten 171
Oberhautzellen mit Cuticularschichten 171
Structur der Cuticularschichten 173
Präparations- und Beobachtungsweise für Cuticularschichten und Cuticula 174
Entstehung der Cuticula und Cuticularschichten 176
Spaltöffnungen 176
Stellung 177
Vertheilung über die Epidermis 177
Lage der Spaltöffnungen 179
Entstehung der Spaltöffnungen 181
Nebenorgane der Oberhaut 183
II. Ungleichartige oder zusammengesetzte Gewebe 187
1. Das Gefässbündel der Moose 187
2. Das Gefässbündel der höheren Kryptogamen 192
Gefässbündel der Schachtelhalme 193
Gefässbündel der Lycopodiaceen 195
Gefässbündel der Farnkräuter 198
Gefässbündel der Rhizocarpeen 202
Entwickelung des kryptogamen Gefässbündels 205
Lycopodien 205
Farnkräuter 206
3. Das Gefässbündel der Monokotyledonen 210
Entwickelung der Gefässbündel 223
4. Das Gefässbündel der Dikotyledonen 223
Getrennte Gefässbündel 224
Ringförmige Gefässbündel der krautartigen Gewächse 228
Gefässbündel der dikotyledonen Holzgewächse 230
Holztheil des Gefässbündels 232
Holzfasern 232
Holzparenchym 236

Digitized by Google

Seite
Holzgefässe 240
Füllzellen, Thyllen 244
Basttheil des Gefässbündels 245
Bastfasern 245
Bastparenchym 250
Bastgefässe 252
Das Zwischengewebe 256
5. Gefässbündel der Cycadeen und Coniferen 261
Der Holztheil 262
Holzfasern 262
Holzparenchym 264
Holzgefässe 266
Der Basttheil 268
Faserzellen 268
Parenchymzellen 272
Das Zwischengewebe 274
6. Innerhalb des Gefässbündels auftretende, Luft oder eigenthümliche Säfte führende Canäle oder Gänge 277
7. Rückblick auf die Untersuchungen über Gefässbündel 282

Dritter Abschnitt.

Die Pflanzenzelle in ihrem Einflusse auf das polarisirte Licht.

I. Optisches Verhalten der Zellhaut (des Primordialschlauches) und des Zellkernes 288
II. Optisches Verhalten der Zellhülle 289
1. Parenchymzellen 289
Zellen der Lagerpflanzen 289
Zellen der Moose 296
Parenchym der Gefässkryptogamen und Phanerogamen 296
Die Zellen des Korkgewebes 305
Die Zellen der Oberhaut 306
2. Die Faserzellen 310
Holzfasern 310
Bastfasern 315
3. Röhrenzellen 319
Holzgefässe 319
Bastgefässe 322
4. Cambiumzellen und Intercellularsubstanz 322
III. Optisches Verhalten der Inhaltskörper 324
1. Protoplasmakörper 324
2. Stärke und Inulin 324
3. Krystalle des oxalsauren Kalkes 325

Vierter Abschnitt.

Untersuchungen über den Bau der Organe.

I. Der Stengel 329
1. Das Lager der Zellpflanzen 329
Pilze 329
Flechten 335
Algen 337
Diatomeen 337
Siphoneen 339
Conferven 341
Florideen und Fucoideen 341

Digitized by Google

Seite

2. Stengel der Moose 343
Stengel der Lebermoose 343
Laubartige Lebermoose 343
Beblätterte Lebermoose 345
Stengel der Laubmoose 345
Moose ohne Gefässbündelstrang 346
Sphagneen 346
Moose mit centralem Gefässbündelstrange 347
Moose mit ringförmigem Gefässbündel 348
3. Stengel und Stamm der Gefässkrytogamen 350
Stengel der Schachtelhalme 350
Stengel der Bärlappgewächse 354
Der Stamm der Farnkräuter 356
Stengel der Rhizocarpeen 359
4. Stamm und Blüthenschaft der Monokotyledonen 360
5. Stamm der Dikotyledonen und Nadelhölzer 364
II. Die Wurzel 370
1. Wurzel der Kryptogamen 370
Wurzel der Schachtelhalme 370
Wurzel der Bärlappgewächse 372
Wurzel der Farnkräuter 372
Wurzel der Rhizocarpeen 373
2. Wurzel der Monokotyledonen 374
3. Wurzel der Dikotyledonen 377
Wurzelhaube 382
III. Das Blatt 383
1. Die Laubblätter 383
Das Blatt der Moose 383
Das Blatt der Gefässkryptogamen 385
Schachtelhalme 385
Bärlappgewächse 386
Farnkräuter 386
Das Blatt der Phanerogamen 387
Cycadeen 387
Nadelhölzer 392
Monokotyledonen 397
Dikotyledonen 403
2. Die Blüthenhüllblätter 407
Der Kelch 407
Die Blumenkrone 408
IV. Fortpflanzungsorgane 409
1. Fortpflanzungsorgane der Kryptogamen 409
Pilze 409
Organe der geschlechtslosen Fortpflanzung 409
Ruhesporen der Ascomyceten 409
Ruhesporen der Uredineen 411
Schwärmsporen 411
Durch Abschnürung entstandene Ruhesporen 412
Sporenbildung durch Theilung 413
Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung 414
Bau der Sporen 416
Flechten 417
Fortpflanzung durch Sporen 418
Fortpflanzuug durch Soredien 419
Die Spermatien 420
Die Stylosporen 420
Algen 420
Organe der geschlechtslosen Fortpflanzung 420
Organe der geschlechtlicheh Fortpflanzung 421
Characeen 425
Moose 428

Digitized by Google

Seite
Farnkräuter 433
Schachtelhalme 436
Bärlappgewächse 438
Rhizocarpeen 439
2. Fortpflanzungsorgane der Phanerogamen 440
Der Blüthenstaub 440
Bau der Antheren 440
Bau des Blüthenstaubes oder Pollens 442
Das Eichen 443
Bau des Stempels 443
Entstehung der Eichen 445
Bau des Eichens 447
Der Befruchtungsprocess 448
Das Pollenkorn nach der Verstäubung 448
Der Embryosack unmittelbar vor der Befruchtung 449
Die Einwirkung des Pollenschlauches auf die Keimzellen . . 450
Figurenerklärung 453
Alphabetisches Sachregister des zweiten Theiles 460

Digitized by Google

Digitized by Google

ERSTER ABSCHNITT.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ZELLE ALS EINZELWESEN.

I. Allgemeine Organisation der Zelle.

Die Pflanzenzelle, in ihrem ursprünglichen Zustande nicht wesentlich von der thierischen Zelle verschieden, ist ein in gewisser Beziehung selbständiger mikroskopischer Organismus (Elementarorgan), dessen Wesen in einer aus Eiweisssubstanzen aufgebauten Membran, der Zellhaut, einem von dieser eingeschlossenen sich in Protoplasma und Zellflüssigkeit sondernden Inhalt und einem in dem ersteren suspendirten Körperchen, dem Zellkerne mit seinen Kernkörperchen, zu suchen ist.

Auf dieser Stufe der Ausbildung ist die Pflanzenzelle zu allen Lebensthätigkeiten befähigt und alle ihr zukommenden Verrichtungen ohne Ausnahme gehen von dieser Primordialzelle aus. Erst in späteren Lebensstadien umgibt sich letztere mit einer zweiten Membran, oder vielmehr Hülle (Kapsel), der Zellstoffhülle, welche aus einem Kohlehydrate aufgebaut ist und durch deren Gegenwart sich die Pflanzenzelle in histiologischer Beziehung wesentlich von der höheren thierischen Zelle und deren im Laufe der Entwickelung eingegangenen Umbildungen unterscheidet.

In der neueren Zeit wird von vielen Seiten einer von der in obiger Erklärung über das Wesen der Pflanzenzelle vertretenen wesentlich abweichenden Zellentheorie gehuldigt. Nach ihr soll der vegetabilischen wie der thierischen Zelle die Zellhaut fehlen, und es soll dieselbe im Wesentlichen aus einem Klümpchen Protoplasma bestehen, welches den Zellkern einschliesst. Die Hauptstützpunkte für diese Theorie werden auf unserem Gebiete in den Beobachtungen über einige niedere Gewächse,

Digitized by Google

Schleimpilze und dergl. gesucht und die hier gefundenen Resultate dann auf die übrigen Gebiete übertragen.

Auf den herrschenden Streit näher einzugehen ist hier der Ort nicht. Ich habe mein Buch dazu bestimmt, den Anfänger zur Untersuchung anzuleiten, und halte mich daher diesen Gebieten des niedersten organischen Lebens, über die sich heute noch Zoologen und Botaniker streiten, fern. Wer gelernt hat die Zelle in ihren verschiedenen Entwickelungsstufen, Bestandtheilen und Lebenserscheinungen mit Sicherheit zu beobachten, der wird sich, nachdem er, befähigt durch die einfacheren Untersuchungsmethoden, sich mit dem Studium der einschlägigen Literatur und den besonderen auf die schwebende Streitfrage bezüglichen Untersuchungen eingehender befasst hat, selbst sein Urtheil bilden können.

Pringsheim: Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle 1854.
Max Schultze: Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe. Bes. Abdr. aus: Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv 1861.
Brücke: Die Elementärorganismen. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, 2te Abtheilung 1861.
De Bary: Ueber den Bau und das Wesen der Zelle. Flora 1862. Nro. 1 u. f.
Cienkowski: Zur Entwickelungsgeschichte der Myxomyceten. Pringsheim's Jahrbücher 1862. Bd. III, Hft. 2.
Reichert: Ueber die neueren Reformen der Zellenlehre. Archiv von Reichert und Du Bois-Reymond. 1. und 2. Hft. 1863.
Max Schultze: Das Protoplasma. Leipzig 1863.
Cienkowski: Das Plasmodium. Pringsheim's Jahrbücher 1863. Bd. III, Hft. 3.
Kühne: Untersuchungen über das Protoplasma u. s. w. Leipzig 1864.
De Bary: Die Mycetozoen. Leipzig 1864.
Max Schultze: Ueber Blutkörperchen, dann über das Leuchtorgan von Lompyris splendidula. Dessen Archiv, 1865, Hft. 1.
Cienkowski: Beiträge zur Kenntniss der Monaden. Archiv von Max Schultze, 1865, Hft. 2 und 3.

Vorkommen der Primordialzelle. — Auf der beschriebenen ersten Entwickelungsstufe trifft man die vegetabilische Zelle als Schwärmspore der Algen und Pilze, als Schwärmfaden (Spermatozoid) der ersteren, der Lebermoose, Moose und höheren Kryptogamen, als Keimzelle sämmtlicher Gewächse, als erste Endospermzellen in dem unbefruchteten Embryosacke zahlreicher Familien der Phanerogamen, z. B. der Liliaceen, Irideen, Gramineen, Cucurbitaceen, Convolvulaceen, Solaneen, Umbelliferen, Papilionaceen u. a., endlich als jugendliche Pollenzelle in den durch Viertheilung entstandenen pollenbildenden (Specialmutter-) Zellen.

Beobachtung der Primordialzelle. — Ein instructives Bild der Primordialzelle gewähren vorzugsweise die Keimzellen der höheren Kryptogamen und Phanerogamen, die freien Endosperm- und die jugendlichen Pollenzellen (Fig. I.) *).

*) Die mit römischen Ziffern bezeichneten Figurenhinweise beziehen sich durch diesen ganzen Band auf die Figuren der beigegebenen Tafeln, welche fortlaufend numerirt sind.

Digitized by Google

Das Freilegen der Keimzellen sowie der freien Endospermzellen erfordert eine schon geübte Hand, und muss ich in dieser Beziehung auf den Abschnitt über die Untersuchung der Fortpflanzungsorgane verweisen. Leichter gewinnt man die primordialen Pollenzellen. Querschnitte durch die jungen Antheren geführt liefern in der Regel hinreichendes Material. Um die passende Entwickelungsstufe aufzufinden lässt sich keine allgemeine Regel aufstellen. Man wird mit den betreffenden Schnitten immer bei den jugendlicheren Knospen anfangen und zu immer älteren übergehen müssen, bis man eben das erforderliche Präparat erlangt. Am besten geeignet für diese Untersuchung sind die straussartigen Blüthenstände, weil man bei ihnen alle Entwickelungsstufen der Antheren u. s. w. nebeneinander findet.

Da die Primordialzellen eine sehr zarte, gegen äussere Einflüsse äusserst empfindliche Membran besitzen, und in Folge der stattfindenden Endosmose häufig schon in dem Wasser des Objectträgers platzen, oder doch ihre Form bis zur Unkenntlichkeit verändern, ist es gerathen, dieselben in eine Flüssigkeit zu bringen, welche mit ihrem Inhalte etwa gleichen endosmotischen Exponenten hat. Am passendsten hierzu sind sehr verdünnte Lösungen von Zucker oder Gummi (1 Theil auf 50 bis 100 Theile Wasser), das Jodserum und die demselben analoge Eiweisslösung (Bd. I, Seite 272). Zur Aufbewahrung der einschlägigen Präparate eignet sich die im ersten Theile Seite 474 empfohlene Methode, wenn sie mit gehöriger Vorsicht angewendet wird, vortrefflich.

Der nächste Schritt für die Untersuchung der freien Zelle besteht in der Beobachtung derjenigen Entwickelungsstufe, auf welcher sie die erste Umhüllung aus Zellstoff, die primäre Zellstoffhülle, gebildet hat. Dieser Zustand, welcher den bisherigen Definitionen der lebenden vegetabilischen Zelle als Grundlage gedient hat, während er doch eigentlich nur einer bestimmten Ausbildungsstufe derselben eigen ist, macht sich dadurch kenntlich, dass die Contouren des Umfanges unter passender Vergrösserung verdoppelt erscheinen und das ganze Organ an Festigkeit gewonnen hat. Das passende Material zur Beobachtung gewähren die Keimzellen nach vollzogener Befruchtung, die jugendlichen Pollen- und Endospermzellen, ferner die lose miteinander verbundenen Zellen aus dem Fruchtfleische saftiger Früchte der Himbeere, Kirsche, Schneebeere und dergleichen (Fig. II. und Fig. XIV. *c* u. *d*).

Hat man sich einen Ueberblick über die Hauptbestandtheile der freien Zelle in ihrem ursprünglichen Zustande sowohl, als auf ihrer folgenden Entwickelungsstufe, als Zelle mit primärer Zellstoffhülle verschafft, dann schreitet man zur näheren Untersuchung jener ersteren selbst.

1. Die Zellhaut.

Zur Untersuchung der Zellhaut oder ursprünglichen Zellmembran (Mohl's Primordialschlauch), eignen sich am besten sogenannte

Digitized by Google

nackte, d. h. hüllenlose Zellen, über deren Vorkommen bereits gesprochen wurde. Man hat dieselben aber ausserdem auch in solchen Zellen kennen zu lernen, welche schon eine Zellstoffhülle besitzen.

Optisches Verhalten der Zellhaut. — In Bezug auf das optische Verhalten der Zellhaut ist hauptsächlich auf die Stärke ihrer Contour, welche nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse immer einfach erscheint, zu achten, und wird man dieselbe je nach der Zartheit der Membran bald stärker, bald äusserst fein gezeichnet finden. Die Begrenzung selbst wird bald glatt, bald anscheinend körnig erscheinen. Letzteres Verhalten ist indessen, wie man sich durch geschickte Verwendung der Beleuchtung u. s. w. überzeugen kann, nicht in der Beschaffenheit der Membran an und für sich, sondern lediglich in dem Inhalte begründet, der bei einer mehr oder minder bestimmt körnigen Beschaffenheit durch von Innen nach Aussen wirkenden Druck auf die sehr zarte Membran gleichsam kleine Ausstülpungen derselben hervorruft, die ihr ein körniges Ansehen verleihen.

Verhalten der Zellhaut gegen äussere Einflüsse. — Gegen äussere Einflüsse wird man das Verhalten der primordialen Membran sehr verschieden finden. Hier und da ist dieselbe so äusserst zart, dass sie, wie bereits erwähnt, schon unter der Einwirkung des Wassers, mit welchem das Präparat benetzt wurde, zerfliesst, wie dies z. B. bei den eben entstandenen Keimzellen der Phanerogamen und Kryptogamen der Fall ist. In anderen Fällen besitzt sie dagegen weit mehr Widerstandsfähigkeit und lässt sowohl die Anwendung eines nicht zu starken Druckes als auch chemischer Reagentien zu. Dahin gehören namentlich die durch freie Zellenbildung entstehenden Endospermzellen mancher Pflanzen, sobald sie eine gewisse Ausbildung erreicht haben, d. h. kurz vorher, ehe sie eine Zellstoffhülle erhalten. Tritt aus ihnen, wie es hier und da vorkommt, beim Platzen der Haut im Wasser der Inhalt von selbst aus oder drängt man ihn durch einen nicht zu starken Druck hervor, so bleibt die Zellhaut als ganz oder theilweise entleerte helle, scharf umschriebene, etwas gefaltete Blase zurück, die indessen nach kurzer Zeit der Auflösung anheimfällt. Derselbe Versuch gelingt auch manchmal bei den zur Befruchtung nahezu oder ganz reifen Keimzellen (Keimbläschen) der höheren Kryptogamen. Die Membran der jugendlichen Pollenzelle lässt sich dagegen nur in höchst vereinzelten Fällen von ihrem Inhalte entleeren, ohne dass sie mehr oder minder leidet.

Der Einfluss des Wassers auf sehr zarte Zellen ist oft geeignet Aufschluss über die wahre Structur solcher Membranen zu geben, welche von anscheinend körniger Beschaffenheit sind. Durch den vermöge der Endosmose stattfindenden Wassereintritt in die Zelle wird nämlich die Membran, bevor sie zerstört wird, etwas ausgedehnt und nimmt in Folge dessen eine vollständig glatte Contour an. Es kommt indessen hier viel

Digitized by Google

darauf an, dass man gerade den richtigen Moment trifft, was natürlich meist vom Zufall abhängt.

Chemische Beschaffenheit der Zellhaut. — Zur Erkennung der chemischen Zusammensetzung der Zellhaut eignet sich die wässerige Jodlösung, indem sie sich mittelst derselben hochgelb färbt und dadurch als aus einem Eiweisskörper aufgebaut erweist. Eine ähnliche Färbung bringt sehr verdünnte Salpetersäure in Verbindung mit Ammoniakflüssigkeit hervor. Zucker und Schwefelsäure bewirken eine rosenrothe, schwefelsaures Kupferoxyd und Kali eine violette Färbung. Es können somit diese Mittel dazu dienen, um den aus der Jodreaction gezogenen Schluss zu stützen. Unter dem Einflusse der genannten Reagentien schrumpft die Zellhaut sammt ihrem Inhalte, wie dies in ähnlicher Weise durch alle wasserentziehenden Mittel: Alkohol, Zucker- und Salzlösung u. s. w., geschieht. Säuren und Alkalien lösen die Zellmembran nicht und möchte ihre zerstörende Wirkung in concentrirterem Zustande mehr eine mechanische als eine chemische sein. Dagegen scheint durch das Kupferoxyd-Ammoniak sowie durch Chromsäure eine wirkliche Lösung herbeigeführt zu werden, und ist es jedenfalls rathsam, den Einfluss dieser Reagentien zu versuchen und zu verfolgen.

Um die Zellhaut in solchen Zellen nachzuweisen, welche bereits ihre Zellstoffhülle gebildet haben, bedarf es einer Behandlung, welche die erstere von der letzteren trennt. Da nämlich die ursprüngliche Membran so fest an der Zellstoffhülle anliegt, dass ihre Contour mit der inneren Contour dieser letzteren verschmilzt, so ist sie als optisch unterscheidbarer Bestandtheil an und für sich nicht wahrzunehmen. Am einfachsten bewirkt man die Isolirung mittelst der sogenannten endosmotischen Mittel: Zuckerlösung, Kochsalzlösung, wässerige Jodlösung und dergleichen. Um aber bei diesem Verfahren alle Störung in den übrigen Inhaltselementen, sowie eine zu bedeutende Gestaltveränderung der primordialen Membran möglichst zu vermeiden, ist es gerathen, jene Lösungen in verschiedenen Graden der Verdünnung wirken zu lassen. Man beginnt dabei mit einer sehr verdünnten Lösung und schreitet erst dann zu einer stärkeren, wenn man mittelst ihrer den gewünschten Erfolg nicht erreicht.

Bei möglichst vorsichtiger Anwendung der genannten Reagentien wird sich die ursprüngliche Zelle in Form eines allseitig geschlossenen, scharf begrenzten innerhalb der Zellstoffhülle liegenden Säckchens zeigen, welches die anfänglich sphärische Gestalt nahezu beibehalten hat (Fig. III.).

Die Einwirkung chemischer Reagentien lässt sich auf die von der Zellstoffhülle abgelöste Membran dann in eben der Weise studiren wie bei den nackten Zellen.

Die Betheiligung der Zellmembran bei den einschlägigen Lebenserscheinungen der Zelle, bei denen nur sie und (mit Ausnahme der endosmotischen Erscheinungen) keineswegs und in keiner Weise die Hülle thätig ist, werden wir betreffenden Ortes in Betracht zu ziehen haben.

Digitized by Google

H. v. Mohl. Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle. Bot. Zeitung 1844.

Karsten: De Cella vitali. Berolini 1848.

Th. Hartig: Das Leben der Pflanzenzelle. Braunschweig 1844.

H. v. Mohl: Die vegetabilische Zelle. Braunschweig 1850.

W. Hofmeister: Vergleichende Untersuchungen u. s. w. Leipzig 1851.

Alex. Braun: Betrachtungen über die Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851.

Schacht: Die Pflanzenzelle. Berlin 1852.

Pringsheim: Untersuchungen u. s. w. Berlin 1854. Jahrbücher Bd. I. und II. Beiträge zur Morphologie und Systematik der Algen.

Unger: Anatomie und Physiologie. Wien 1858.

H. v. Mohl: Der Primordialschlauch. Bot. Zeitung. 1855.

Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Berlin 1856.

Dippel: Zur Primordialschlauchfrage. Flora 1856. Ferner: Beiträge zur vegetabilischen Zellenbildung. Leipzig 1858.

Th. Hartig: Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes. Berlin 1858.

Schacht: Die Spermatozoidien im Pflanzenreich. Braunschweig 1864.

Es gehören ferner hierhin die botanischen Abhandlungen unter den oben genannten Schriften.

2. Die Zellstoffhülle.

Die Zellstoffhülle, Zellhülle (Zellwand, Zellmembran der Botaniker) ist das Product chemischer, im Innern der Zelle vor sich gehender Processe. Sie ist nächst der Vergrösserung der Primordialzelle das früheste Erzeugniss des organisch vegetabilischen Bildungstriebes, und dazu bestimmt, der ersteren als schützende Umhüllung zu dienen. Während die Zellhaut oder ursprüngliche Membran, der Kern, sowie der bildungsfähige Inhalt und somit die eigentlich lebendige vegetabilische Zelle nach der Erreichung eines gewissen Ausbildungszustandes und nach der Vollendung bestimmter, nur ihnen angehöriger Lebensthätigkeiten der Auflösung verfallen, bleibt die Hülle oft Jahre und Jahrhunderte lang erhalten und wird dann noch immer nach ihrer Erzeugerin als „Zelle" bezeichnet.

Die Zellhülle erscheint im Laufe ihrer Ausbildung in mancherlei Zuständen und Formen. Wir werden über diese verschiedenseitigen Resultate des Zellenlebens in einem späteren Paragraphen zu sprechen haben. Hier beschäftigt uns zunächst nur die Zellhülle auf der Stufe der Entwickelung, auf der sie als primäre Zellstoffhülle (primäre Membran der Autoren) erscheint.

Zum Studium derselben eignen sich wiederum am besten die freien Zellen. Weniger instructiv, mit Ausnahme etwa der in Zelltheilung begriffenen Fadenalgen, sind die jugendlichen Gewebe, indem einestheils der Zusammenhang mit den Nachbarzellen, sowie der meist stark getrübte Inhalt die Beobachtung bedeutend erschweren, anderentheils die erste über der Zellhaut abgeschiedene Hülle, wie wir weiter unten sehen werden, nicht zur sogenannten Zellhülle wird, sondern anderweitige Umbildung und Verwendung erleidet. Nur für einen bestimmten Zweck, d. h. für die Erkenntniss der Structurlosigkeit, des Fehlens von Streifung, Durchlöcherung u. s. w. bieten uns die aus ihrer Verbindung gelösten Gewebeelemente ein höchst geeignetes Beobachtungsmaterial.

Digitized by Google

Optisches Verhalten der Zellstoffhülle. — Sobald die primäre Zellstoffhülle über der ursprünglichen Membran abgeschieden und aus dem jedenfalls halbflüssigen Zustande in einen mehr oder minder festen übergegangen ist, macht sich dieselbe durch die doppelte Begrenzungslinie kenntlich, die unter passenden Vergrösserungen von mindestens 300- bis 400mal immer deutlich zum Vorschein kommt (Fig. II. u. III.).

Zu dem optischen Nachweise des frühesten Auftretens der Zellhülle ist sonach eine geschickte und geeignete Steigerung der Vergrösserung das einzige Mittel. Wo man diesen zu führen hat, da darf von vornherein nicht eine zu schwache Vergrösserung angewendet und muss dieselbe erforderlichen Falles soweit möglich gesteigert werden, um sich auf das Sicherste von dem Vorhandensein der doppelten Umgrenzung zu überzeugen. Es ist hierauf umsomehr Bedacht zu nehmen, als in solchen jugendlichen Entwickelungsstadien chemische Reagentien bei schwächeren Vergrösserungen häufig nicht die erforderliche Sicherheit gewähren.

Die Structur der Zellstoffhülle auf dieser Entwickelungsstufe, der man neben der Art und Zeitfolge ihrer eben angedeuteten Uebergangsstufen zunächst seine Aufmerksamkeit zuzuwenden hat, wird sich bei einer genauen Untersuchung mittelst Vergrösserungen von der erwähnten und höherer Stärke stets als vollkommen homogen erweisen. Es sind weder Löcher noch Poren in derselben wahrzunehmen, noch macht sich eine Streifung oder Faltung bemerkbar. Derartige Structurverhältnisse sind sämmtlich Erzeugnisse späterer Entwickelungsprocesse und lassen sich theilweise als den Verdickungsschichten angehörig erweisen.

Um über dies Verhalten völlig genügende Auskunft zu erlangen, bedarf es ausser der Betrachtung der unveränderten Hüllmembran erstlich einer Färbung derselben, wozu sich je nach Umständen Jodlösung, Chlorzinkjodlösung, sowie die erstere in Verbindung mit Schwefelsäure empfehlen, dann des Studiums der Einwirkung quellender Mittel, der Schwefelsäure und des Kalis in verschiedenen Concentrationsgraden, des Kupferoxydammoniaks u. s. w. Die Zellen jugendlicher Gewebe trennt man zum Behufe dieser Untersuchungen mittelst eines der im ersten Bande geschilderten Macerationsverfahren aus ihrer Verbindung und wendet auf dieselben die eben genannten Mittel an.

Wo bei der Anwendung dieser Verfahrungsweisen verdünnte Stellen auftreten, sei es in Form von Poren, sei es in Form von spiralig angeordneten Streifen, da hat man es überall nicht mehr mit der primären Hülle allein zu thun. Man muss dann zu jüngerem Untersuchungsmaterial greifen, also bei den Stengelpflanzen zu jüngeren Internodien emporsteigen, um die geeigneten Entwickelungszustände zu erhalten.

Chemische Beschaffenheit der Zellhülle. — Ihrer chemischen Zusammensetzung nach gehört die Hüllmembran den Kohlehydraten an. In vorgerückterem, nicht genau zu bestimmendem Alter besteht sie stets aus reinem Zellstoff. In dem jüngsten Entwickelungsstadium da-

Digitized by Google

gegen wird sie, namentlich bei den geschlossenen Geweben der höheren Gewächse, entweder von einer bestimmten Modification dieses Stoffes oder von einer eigenthümlichen Uebergangsverbindung zwischen Stärke (ob immer?) und Zellstoff gebildet, der sie in einzelnen Fällen (Zellen der Pilze, die cambialen Wandungen der Gewebezellen) nicht entwächst.

Zur Ermittelung der chemischen Beschaffenheit gewähren vorzüglich die Chlorzinkjodlösung, ebenso die wässerige Jodlösung in Verbindung mit verdünnter Schwefelsäure, über deren Anwendungsweise im ersten Bande Seite 370 das Nöthige beigebracht worden ist, die geeignetsten Erkennungsmittel. Ausser ihnen versuche man aber auch die Wirkung der Alkalien, sowie des Kupferoxydammoniaks, des schwefelsauren Kupferoxyds und Aetzkalis. Wenn man auch mittelst dieser Reagentien nicht gerade neue Resultate erreichen sollte, so werden doch die durch erstere erlangten controllirt und gefestigt.

Bringt man die ganz junge, sogenannte cambiale Zellhülle geschlossener Gewebe mit Chlorzinkjodlösung, oder Jod- und Schwefelsäure in Berührung, so bleibt dieselbe ungefärbt, ebensowenig ertheilen ihr die oben für die ursprüngliche Membran empfohlenen Reagentien eine Färbung. Aetzkali sowie Kupferoxydammoniak lösen dieselbe auf. Es lehrt dieses Verhalten, dass wir es mit einer Verbindung zu thun haben, welche weder reiner Zellstoff noch ein Eiweisskörper ist. Ich glaube, dass dieselbe eine Uebergangsstufe zwischen Dextrin und Zellstoff bildet, etwa Bassorin ist, was auch neuerdings von Wigand vermuthet wurde (Pringsheims Jahrbücher Bd. III, Heft 1, Seite 115 u. f.)

Wo, wie es bei den freien Zellen und den jungen vegetativen Zellen der Algen der Fall ist, der Uebergang der ersteren Verbindung in Zellstoff sofort mit der Erhärtung und Sichtbarwerdung vollzogen wird, oder wo, wie in den jungen Geweben, sich innerhalb der cambialen Wandung die primäre Zellstoffhülle abgelagert hat, da muss nach der Einwirkung von Chlorzinkjodlösung auf die letztere eine, häufig von Schrumpfung begleitete (Cladophora, Oedogonium, Fig. XIX u. XXI, *g*), mehr oder minder rein blaue bis blauviolette Färbung derselben eintreten. Jod und Schwefelsäure, die aber wegen der zerstörenden Eigenschaft der letzteren für solche jugendliche Zustände nicht so empfehlenswerth sind, wie das vorhergehende Reagens, rufen eine rein blaue Färbung hervor. Aetzkali macht die Hüllmembran jetzt aufquellen, löst sie aber nicht mehr. Das Kupferoxydammoniak wirkt im Ganzen ähnlich, ruft indessen in einzelnen Fällen nach dem Aufquellen, welches mit einer schwachen Bläuung der Membran verbunden ist, auch eine allmälige Löung hervor.

H. v. Mohl: Einige Beobachtungen über die blaue Färbung der vegetabilischen Zellmembran durch Jod. Flora 1840. Vermischte Schriften 1846.
Schleiden: Grundzüge 1. und 4. Auflage.
Mulder: Physiologische Chemie. Braunschweig 1846 bis 1851.
H. v. Mohl: Die vegetabilische Zelle. Braunschweig 1850.
Schacht: Die Pflanzenzelle 1852 und Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Bd. I, 1856.

Digitized by Google

Pringsheim: Untersuchungen u. s. w.
Dippel: Beiträge u. s. w.
Siehe ferner weiter unten: bei Umbildung der Zelle.

3. Der Zellkern.

Der Zellkern findet sich in allen lebenskräftigen Zellen der Algen, der Leber- und Laubmoose, der Gefässkryptogamen und Phanerogamen. Nur bei den Pilzen und Flechten ist derselbe bis jetzt nicht überall nachgewiesen, obwohl er sich auch bei diesen niedersten Gewächsen in einzelnen Zellenarten: Sporenschläuchen, Sporen u. s. w., wenigstens in den jüngsten Entwickelungsstufen immer und hier und da auch in den vegetativen Zellen findet. Zur Beobachtung des Zellkerns eignen sich vorzugsweise grosszellige saftige Gewebe, so z. B. das Gewebe des Endosperms (Kürbis, Bohne, Lupine u. s. w.), dann das Stengelparenchym aus manchen Familien der Monokotyledonen, der Orchisgewächse, der Lilien u. s. w., ferner die jugendlichen Haarzellen namentlich der Blätter und Blumenblätter, der Staubfäden und des Fruchtknotens mancher Pflanzen.

Form und Stellung des Zellkernes. — Die Form des Zellkernes ist in der Regel linsenförmig, seltener nahezu kugelig (Fig. IV.), und hat man darauf bei der Beobachtung verschiedener Zellenarten Bedacht zu nehmen. Wo es angeht, suche man, um über dieses Verhältniss Klarheit zu erlangen, die Zellen zu rollen oder um 90° zu drehen, um so mit der Flächenansicht die Seitenansicht zu verbinden (Fig. IV, I. *c*).

Nächst der Form ist die Stellung des Kernes von Wichtigkeit, und hat man zu untersuchen, ob sich derselbe dem Wandplasma eingebettet findet, was am häufigsten der Fall sein dürfte, oder ob er, was seltener vorzukommen scheint, im Centrum der Zelle liegt (Fig. V.). Die Drehung der freien Zellen um ihrer Achse wird auch hier die sichersten Anhaltspunkte gewähren. Ebenso bietet zur Entscheidung dieser Frage bei der Ansicht von oben eine geschickte Verwendung der feinen Einstellung ein geeignetes Hilfsmittel, indem man mit Hilfe derselben leicht zu beurtheilen im Stande ist, ob der Zellkern der Wand nahe anliegt oder ob er von derselben mehr oder weniger entfernt und inwieweit er etwa höher oder tiefer liegt als der optische Durchschnitt der Zellwand.

Begrenzung und Kernkörperchen. — Ob der Zellkern eine eigene Membran habe, lässt sich nicht in allen Fällen mit Sicherheit ermitteln, man muss jedoch darüber möglichste Klarheit zu erlangen suchen. In vielen Fällen wird es verhältnissmässig leicht gelingen sich von dem Dasein einer äusseren Schale zu überzeugen, welche den feinkörnigen oder homogen flüssigen bis wachsartig festen Inhalt umschliesst und wohl keinem Kerne und in keinem Entwickelungszustande fehlt.

Digitized by Google

Vom Inhalte ist besonders ein Element für die Beobachtung von Wichtigkeit. Es ist dies ein rundes festes oder ein bläschenartiges Körperchen, das Kernkörperchen, welches bald im Mittelpunkt, bald an der Wand des Kernes liegt, bald in der Einzahl, bald in der Zwei- bis Mehrzahl vorkommt und in den jüngeren Zuständen des Kernes niemals ganz fehlt (Fig. V, I—IV. *n*).

Chemische Beschaffenheit des Zellkernes. — In seiner chemischen Zusammensetzung stimmt der Zellkern mit der ursprünglichen Membran oder Zellhaut so sehr überein, dass man ihn unbedenklich als aus Eiweissstoffen bestehend ansehen kann. Alle Elemente desselben: Hülle, Inhalt und Kernkörperchen, färben sich nach der Anwendung von Jodlösung oder von Salpetersäure und Ammoniak gelb. Zucker und Schwefelsäure bewirken eine rosenrothe, schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkali eine violette Färbung. Carminlösung wird von dem Kerne begierig aufgenommen und aufgespeichert, so dass man denselben durch Anwendung dieses Mittels leicht sichtbar machen kann. Am stärksten färbt sich hierbei das Kernkörperchen und zeichnet sich so bestimmt vor dem übrigen Inhalte aus. Um eine hinreichend intensive Färbung hervorzurufen, bringt man die entsprechenden Gewebetheile etwa 24 bis 48 Stunden in eine verdünnte Lösung des im 1. Bande beschriebenen carminsauren Ammoniaks und wäscht dann in Wasser aus, dem man einige Tropfen Essigsäure zugesetzt hat. Zur Aufbewahrung solcher Kernpräparate eignet sich am besten Glycerin mit Zusatz von einigen Tropfen concentrirter Essigsäure.

Schleiden: Beiträge zur Phytogenesis. Müller's Archiv 1838. Beiträge zur Botanik 1844. Grundzüge 1. und 4. Auflage.
Nägeli: Zellenkerne u. s. w. Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik von Schleiden und Nägeli. Bd. I, Heft 1. 1844. Kernbläschen Heft 3 und 4. 1846.
Th. Hartig: Das Leben der Pflanzenzelle 1844.
H. Karsten: Beiträge zur Kenntniss des Zellenlebens. Bot. Zeitung 1848.
H. v. Mohl: Die vegetabilische Zelle 1850.
Unger: Anotomie und Physiologie der Pflanzen 1850.
Schacht: Die Pflanzenzelle 1852 und Lehrbuch Bd. I, 1856.
H. Crüger: Westindische Fragmente. Bot. Zeitung 1855.
Th. Hartig: Ueber das Verhalten des Zellkerns u. s. w. und Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle. Bot. Zeitung 1855.
Dippel: Beiträge u. s. w. 1858.
Th. Hartig: Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims. 1858.
H. Karsten: Histologische Untersuchungen. 1862.

4. Der Inhalt der Pflanzenzelle.

In dem Inhalte der Pflanzenzelle macht sich ein wesentlicher Unterschied insofern geltend, als man in Form eines Wandbeleges eine mehr oder minder starke Schicht einer zähen, schleimig körnigen Flüssigkeit — das Protoplasma — findet, während der Innenraum von einer wäs-

Digitized by Google

serigen Flüssigkeit — dem Zellsafte — eingenommen wird. Ausserdem trifft man eine Reihe fester, in dem flüssigen Inhalte suspendirter organischer und unorganischer Verbindungen an.

Protoplasma.

Das Protoplasma erfüllt die jugendliche Zelle, noch ehe sie ihre Zellhülle gebildet hat, fast vollständig. Erst im Laufe der weiteren Entwickelung sondert sich die Zellflüssigkeit in dem Innenraum aus. Dieser Vorgang macht sich in der Regel dadurch erkennbar, dass in der dichteren Protoplasmamasse kleinere oder grössere Hohlräume, sogenannte Vacuolen, entstehen, die durch anfangs breitere, später schmälere Protoplasmabalken von einander getrennt und mit jener Flüssigkeit erfüllt sind. Wo der Zellkern im Mittelpunkt der Zelle verbleibt, da sammelt sich um ihn eine grössere oder kleinere Menge von Protoplasma an, während ein anderer Theil sich nach der Innenfläche der Membran zurückzieht (Fig. V, II). Beide Protoplasmaportionen bleiben dabei durch die erwähnten Balken oder feineren Protoplasmafäden mit einander in Verbindung, welche den Zellsaft, sich niemals mit demselben mischend, durchziehen. Wo der Zellkern dagegen in das Wandplasma gebettet ist, da vereinigen sich die einzelnen Vacuolen zu einer einzigen Centralvacuole und es wird der ganze Innenraum der Zelle von dem Zellsafte oder der Zellflüssigkeit eingenommen; nur in vereinzelten Fällen ziehen sich wenige zarte Protoplasmafäden von einer Wandfläche nach der anderen hinüber (Fig. V, I).

Optisches Verhalten des Protoplasmas. — Für die vollständige Erkenntniss des Wesens der Zelle ist die genaue Beobachtung des optischen Verhaltens des Protoplasmas in deren verschiedenen Entwickelungsstadien von erheblicher Bedeutung. In den ganz jungen, eben erst gebildeten Zellen erscheint dasselbe immer ganz gleichartig und von feinkörniger, halbflüssiger Beschaffenheit. Nur vereinzelt finden sich etwas grössere Körnchen. In weiter vorgerückten Entwickelungsstadien erst geht in der Protoplasmamasse eine Sonderung in zwei Schichten vor sich, von denen die eine, fast ganz homogene, bald mehr bald minder zähflüssige der ursprünglichen Zellmenbran anliegt, während die andere leichtflüssigere und körnige zwischen der äusseren Schicht und der Zellflüssigkeit ihren Platz nimmt, ein Verhalten, was sich selbst bei den durch das Zelleninnere verlaufenden Protoplasmafäden beobachten lässt, wenn diese eben nur den erforderlichen Durchmesser besitzen. In dieser letzteren Schicht, welche man füglich mit Pringsheim die Körnerschicht nennen kann, sind stets der wandständige Zellenkern sowie die organisirten festen Formbestandtheile des Zelleninhaltes, Chlorophyll u. s. w. eingebettet.

Ueber die relativen Massenverhältnisse beider Protoplasmaschichten lässt sich nur soviel feststellen, dass die Körnerschicht gegen die homo-

Digitized by Google

gene Schicht in der Regel überwiegt. Letztere ist oft in so geringer Menge vertreten, dass sie nur schwierig wahrgenommen und von der ersteren kaum unterschieden werden kann, da zwischen beiden meistens ein nur ganz allmäliger Uebergang stattfindet, also eine scharfe Grenzlinie nicht zu ziehen ist. Die homogene Protoplasmapartie als Hautschicht zu bezeichnen, wie das von Pringsheim geschehen ist, dürfte gemäss sorgfältiger Beobachtung durchaus nicht gerechtfertigt erscheinen, indem dieselbe einestheils sehr häufig keine ununterbrochene Schicht bildet, anderentheils deren Consistenz in sehr vielen Fällen keineswegs so bedeutend ist, wie dieser Forscher es annimmt, sondern gerade am häufigsten und während der angespanntesten Thätigkeit des Zellenlebens nur um weniges zähflüssiger erscheint, als diejenige der Grundmasse der Körnerschicht.

Um sich über das gegenseitige Verhältniss der beiden Protoplasmaschichten, welches für die Entwickelungsgeschichte der Zellstoffhülle und deren Verdickungsschichten von Wichtigkeit wird, eine klare Einsicht zu verschaffen, bedarf es scharfer, starker Vergrösserungen, sowie einer sorgfältigen Verwendung des Blendungsapparates und der färbenden chemischen Reagentien namentlich der wässerigen Jodlösung.

Bewegung des Protoplasmas. Eine der interessantesten Erscheinungen des Zellenlebens bietet die Bewegung des körnigen Protoplasmas dar, welche sich in allen jungen, lebensthätigen Zellen beobachten lässt.

Wir müssen dabei zunächst die sogenannte Wandströmung von der complicirteren Strömung unterscheiden, welche sich auch über die durch das Zellenlumen verlaufenden Protoplasmafäden erstreckt und die man als Binnenströmung bezeichnen kann. Bei der ersteren kommen, von dem einfach auf- und absteigenden Strome, bis zu der spiralig verlaufenden und netzförmig verzweigten Strömung, mancherlei Abänderungen vor.

Wandströmchen. — Zur Beobachtung des einfachen auf- und absteigenden Wandstromes eignen sich namentlich die Nitella-Arten, welche fast überall in Bächen vorkommen, schon deshalb sehr gut, weil man sie den ganzen Sommer hindurch frisch haben und die fragliche Erscheinung verfolgen kann. Ein fast ebenso geeignetes, die Strömung wohl am schönsten zeigendes Object (Fig. VI.) bietet Vallisneria spiralis dar, die man, wie auch die Nitella-Arten, leicht im Zimmer zu cultiviren vermag. Bei dieser Pflanze lassen sich jedoch nicht die unverletzten Zellen als Beobachtungsobject verwenden, sondern man muss einen Längsschnitt aus dem Blatte nehmen. Hierbei ist darauf zu achten, dass derselbe weder zu dünn noch zu dick ausfällt, weil im ersten Falle keine unverletzten Zellen bleiben, im andern aber die Beobachtung durch die übereinanderliegenden Zellenlagen erschwert wird. Wo Hydrocharis morsus ranae wächst, gewährt dieselbe ein sehr leicht zu behandelndes Ob-

Digitized by Google

ject, indem man nur eines ihrer mehrzelligen straffen Wurzelhaare in einer hinreichenden Menge von Wasser unter das Mikroskop zu bringen braucht. Andere Wasserpflanzen, wie Najas, Caulinia, dann von Algen Closterium zeigen diese Strömung ebenfalls, eignen sich indessen kaum so gut für deren Studium als eine der oben genannten Pflanzen.

Man hat bei der Beobachtung dieser Erscheinung zunächst auf die Richtung des die Längsachse der betreffenden Zellen stets in einer mehr oder weniger schiefen, häufig der vollen Spirale sich nähernden Richtung schneidenden Stromes, dann auf die an der Bewegung theilnehmenden Inhaltskörper, endlich auf die Geschwindigkeit der letzteren unter sich sowohl, als auf jene des ganzen Stromes überhaupt zu achten.

Für die Beobachtung des einfachen, nur eine einzige Windung machenden spiraligen Wandstromes bieten — wie schon von Schacht hervorgehoben — die einzelligen Haare des Fruchtknotens der Oenothera-Arten, ebenso einzelne der langgestreckten Parenchymzellen aus dem jungen Blüthenschafte von Tradescantia virginica (Fig. VII.), ein treffliches Material, das sich wohl leicht durch ähnliche sehr lebenskräftige, saftige und gestreckte Gewebe vermehren lässt. Auch in den jungen Zellen der gegliederten Haare von den Staubfäden der letzteren Pflanze ist die Strömung manchmal noch so einfach, dass sie nur eine hier und da etwas verzweigte Spirale bildet.

Eine weitere Complication des Wandstromes besteht darin, dass derselbe in einer einzigen oder in mehreren eine kleinere oder grössere Anzahl von Windungen beschreibenden Spiralen verläuft, wie man es sehr schön an den jungen Schleuderzellen der Lebermoose beobachten kann. Man muss zu dem Ende die junge Kapsel von dem Zeitpunkte an, wo sie etwa halb reif ist und die Sporenmutterzellen sich von den gestreckten jungen Schleuderzellen zu differenziren beginnen, in verschiedenen Alterszuständen untersuchen, um den richtigen Zeitpunkt zu treffen. Beobachtet man die gehörige Vorsicht und wendet als Zusatzflüssigkeit eine der auf Seite 271 und 272 des ersten Bandes empfohlenen Flüssigkeiten an, so wird man in den jungen Schleudern dann nicht nur ruhende Protoplasmaströme finden, sondern auch deren Bewegung beobachten können. Seltener gelingt es, diese Strömung in den sich entwickelnden fibrösen Zellen der Antheren, wozu namentlich die Liliaceen sowie Cucurbita pepo zu empfehlen sind, wahrzunehmen, da die Herstellung passender Präparate hier schon weniger leicht gelingt.

Der netzförmig verzweigte Wandstrom lässt sich nur bei der Entstehung der gleichgeformten Verdickungsschichten der Gefässe und anderer Zellen beobachten, und werden wir betreffenden Ortes ausführlicher darüber sprechen. (Vergl. die Figuren XXVI. u. XXVII.).

Binnenströmchen. — Die zweite Art der Strömung, welche manche Botaniker von der vorigen, die sie Rotationsströmung nannten, unter

Digitized by Google

dem Namen Circulationsströmung unterschieden haben, geht in der Regel von dem Zellkern aus und wieder zu demselben zurück.

Eine grössere oder kleinere Anzahl breiterer und schmälerer, einfacher, oder mehrfach verzweigter und untereinander anastomosirender Strömchen von körnigem, um ihre Lage häufig ändernde Fäden homogenen Protoplasmas gelagertem Protoplasma verläuft bald an der Innenseite der Zellwand, bald quer durch das Lumen der Zelle, jetzt unmittelbar zu dem Zellkerne zurückkehrend, dann über ihn hinweggehend, um sich erst nach wiederholtem Kreislaufe mit der ihn umhüllenden Protoplasmamasse zu vereinigen (Fig. VIII.).

Diese Erscheinung tritt äusserst häufig auf und findet sich ohne Ausnahme in allen jungen, eben befruchteten Keimzellen, in den eben entstandenen Zellen der parenchymatischen Gewebe, überhaupt wohl in allen den jugendlichen und lebensthätigen Zellen, welche nicht eine der vorhergehenden Wandströmungen beobachten lassen, mit denen sie aber auch zusammen vorkommen oder denen sie vorausgehen kann.

Die Binnenströmung oder Circulation beginnt mit dem Zeitpunkte, wo sich Protoplasma und Zellsaft sondern, und im ersteren die oben erwähnten sphärischen Hohlräume auftreten. Sie ist, soweit ich beobachten konnte, niemals in der Primordialzelle, die nur von der stickstoffhaltigen Zellhaut bekleidet wird und bevor die Abscheidung der Zellstoffhülle begonnen hat, wahrzunehmen. Zwar ist die Bewegung in diesem jugendlichen Zustande der Zelle noch weniger leicht zu sehen, aber bei einiger Ausdauer wird man bald dahin gelangen, dass man sich von ihrem Dasein überzeugt. Erst wenn das Protoplasma grössere körnige Bildungen mit sich führt, deren Bewegung man sicherer verfolgen kann, wird dieselbe leichter erkennbar.

Entstehung der Binnenströmung. — Als ein vorzüglich geeignetes Object für die Beobachtung der Entstehung und allmäligen Ausbildung der Binnenströmchen lassen sich die gegliederten Staubfadenhaare der Pradescantia virginica empfehlen, die fast in jedem Garten zu finden ist. Wählt man ganz junge Blüthenknospen von etwa 2‴ Länge, so findet man die Haarzellen entweder noch in lebhafter Zellentheilung begriffen, oder alle bereits angelegt, sich zu strecken beginnend, und es lassen sich ohne Mühe die passenden herausfinden, deren Inhalt fast nur aus kleine Stärkekörner führendem Protoplasma besteht, oder in denen die mit Zellsaft erfüllten Hohlräume eben entstehen und durch breite Protoplasmabänder von einander geschieden sind (Fig. IX. *a*, 1 u. 2). Hier ist stets eine nur langsame kaum bemerkbare Strömung der Körnchen wahrzunehmen. Steigt man in der Beobachtung der einzelnen Zellen weiter nach dem Grunde des Haares hinab, so tritt das Protoplasma immer mehr gegen die noch farblose Zellflüssigkeit zurück; die Strömchen erscheinen mehr auseinandergerückt und schmäler, nur einzelne bandförmig (Fig. IX. *b*); ja manchmal zeigt sich nur ein einzelner, in einer

Digitized by Google

Spirale verlaufender weiterer Hauptstrom, der seinen Ausgangspunkt im Zellkerne hat und keine oder nur wenige Anastomosen beobachten lässt. In etwas älteren Blüthenknospen mit noch ungefärbtem Inhalte der Staubfadenhaare tritt allmälig eine immer grössere Complication der Strömung ein, und es verlieren die einzelnen Strömchen an Volumen mehr und mehr, indem neben den sehr feinkörnigen Protoplasmaelementen häufiger umfangreichere Körnchen auftreten (Fig. IX. *c*).

In solchen Büthenknospen, welche dem Aufblühen nicht mehr fern sind, hat die Zellflüssigkeit eine blaue Farbe angenommen, welche nach den unteren lang gestreckten Zellen hin an Intensität allmälig abnimmt. Das Netz der Strömchen wird hier immer zusammengesetzter und es treten, während zugleich das Wandplasma an Menge abgenommen hat, neben einzelnen breiteren Fäden, die in der Regel aus einem auf- und absteigenden Strome bestehen, ganz dünne fast linienförmige auf. Auch das Aussehen der Strömchen selbst hat sich verändert. Der grössere, innere Theil derselben besteht aus einer homogenen, stärker glänzenden Substanz, über die wenig körniges Protoplasma hingleitet, das nun sowohl an der feinkörnigen Substanz, als auch an den grösseren Körnern eine Verminderung erfahren hat. Solche Zustände waren es wohl, welche einzelne Forscher (Hartig, Brücke, Heidenhain) zu der Annahme verleitet haben, die Protoplasmaströmchen seien von eigenen Canälchen umschlossen.

Entnimmt man endlich die Haare von solchen Staubfäden, deren Antheren bereits entleert sind, so findet man die Zellen fast ganz mit dem blau gefärbten Zellsaft erfüllt, die Strömung hat aufgehört und der homogen erscheinende Zellkern wird gleichsam von festen glänzenden, homogenen Fäden festgehalten, denen nur hier und da körnige Bildungen anhaften und welche in einen gleich beschaffenen geringen Wandbeleg übergehen (Fig. IX, *d*).

Eine Hauptbedingung für das Gelingen der Beobachtung dieser Lebenserscheinung des Protoplasmas besteht darin, dass man einen recht sonnigen, warmen Tag wählt, an dem die Lebensthätigkeit der betreffenden Pflanze sich in energischem Schwunge befindet. An kühlen, dunkelen Tagen ist dieselbe nämlich immer bedeutend träge und lässt sich nur dann eine etwas lebhaftere Bewegung erzielen, wenn man den heizbaren Objecttisch in Gebrauch nimmt und demselben eine Temperatur von 25 bis 30° C. gibt.

Wirkung verschiedener äusserer Einflüsse auf die Bewegung des Protoplasmas. — Bei der Wichtigkeit, welche die Bewegungserscheinungen des Protoplasmas für das Zellenleben besitzen, und bei der Bedeutung, welche ihnen für die Entscheidung der schwebenden Fragen über das Wesen der Zelle zukommt, darf man sich nicht darauf beschränken die Beobachtung derselben unter Wasser oder den oben erwähnten Zusatz-

Digitized by Google

flüssigkeiten vorzunehmen. Man muss vielmehr mit Sorgfalt den Einfluss studiren, welchen verschiedene Agentien auf dieselben ausüben.

Zunächst gilt es neben der Beobachtung der Entwickelungsgeschichte der Strömchen und deren Verhalten zu den Wachsthumserscheinungen der Zelle, die für alle Fälle an die Spitze zu stellen ist, den Einfluss zu ermitteln, welchen die Hauptfactoren des vegetabilischen Lebens, Licht, Luft, Feuchtigkeit und Wärme, auf dieselben äussern und, was das Wichtigste ist, Vergleiche zu ziehen darüber, mit welchen, unter bestimmten Einwirkungen dieser Agentien vor sich gehenden Processen des Zellenlebens die in Frage kommenden Bewegungserscheinungen zusammenfallen und welche Veränderungen sie mit deren Wechsel erleiden. Nur durch solche stets vergleichende, die gesammten Lebenserscheinungen im Auge haltende Beobachtungen werden die Grundlagen zu gewinnen sein, aus welchen sich die Erkenntniss der Bedeutung des Protoplasmas im Zellenorganismus erlangen lässt, während alle Beobachtungen der Bewegungserscheinungen für sich allein, losgerissen von dem Gesammtleben, und mögen sie auch in der umfänglichsten und subtilsten Weise ausgeführt sein, als von wissenschaftlich kaum erheblicher Bedeutung zu betrachten sind.

Es erwachsen hieraus die Aufgaben, das Verhalten der Strömungen des Protoplasmas unter dem Ausschlusse von Licht und Luft, bei verminderter, sowie bei erhöhter Temperatur zu beobachten, da sich der Ausschluss von Feuchtigkeit gar nicht oder doch nicht ohne den zugleich statthabenden Abschluss der atmosphärischen Luft ausführen lässt.

Um das Verhalten des Protoplasmas unter dem Ausschlusse des Lichtes zu studiren, bringt man geeignete lebende, in Wasser cultivirte oder in Töpfen erwachsene Pflanzen, denen sonst keine Bedingung ihres Gedeihens entzogen wird, in einen dunkeln Raum aus Holz, Pappe oder Blech und beobachtet dann nach mehrstündigen bis mehrtägigen Zwischenräumen diese selbst (Nitella) oder die Haare der Blätter u. s. w. Bei der Beobachtung selbst lässt sich das Licht allerdings nicht völlig ausschliessen, man kann dessen Einfluss indessen immerhin vermindern und verschiedentlich modificiren, wenn man über dem Spiegel dunkel gefärbte wie verschiedenfarbige Gläser anwendet und den Objectträger mit einer der feuchten Kammer ähnlichen Deckröhre umgibt, welche das Seitenlicht ausschliesst.

Der Abschluss der atmosphärischen Luft lässt sich bei allen Haargebilden leicht dadurch erzielen, dass man dieselben von fettem Oele umgeben beobachtet. Bei den Wasserpflanzen kommt man hiermit dagegen nicht zum Ziele; es wird die Luft durch eine andere Gasart, z. B. Kohlensäure oder Wasserstoff, verdrängt, und jene bis zur Untersuchung in derselben verharren gelassen werden müssen. Hierzu eignet sich vortrefflich die von W. Kühne empfohlene einfache Vorrichtung, die sich Jeder leicht zusammenstellen kann. Auf dem Boden einer etwa 25 Cm. weiten, 15 Cm. hohen Glasschale werden ein 3 bis 5 Cm. hoher Kork,

Digitized by Google

und um diesen herum 3 radienartig verlaufende Glasstäbe festgekittet, von denen der erstere den Objectträger aufnimmt, die letzteren dem aus einen 7 Cm. weiten, 10 Cm. hohen Cylinderglase bestehenden Recipienten derart als Unterlage dienen, dass zwischen seinem Rande und dem Boden der Glasschale ein Zwischenraum bleibt. Beschwert man den Recipienten etwas, füllt die Glasschale bis zum oberen Rande mit Wasser, und führt das Gasleitungsrohr einer Entbindungsflasche, in welcher eines der genannten Gase erzeugt wird, unter dem auf den Glasstäben ruhenden Cylinder hinweg in das Innere des Apparates, so wird die atmosphärische Luft nach und nach vollständig verdrängt, und es kann das Präparat in der abgesperrten Gasart verweilen, bis es zur Untersuchung verwendet wird.

Um das Verhalten des Protoplasma unter dem Einflusse einer bis zum Gefrierpunkte erniedrigten Temperatur zu ermitteln, bringt man die unter Deckglas auf den Objectträger befindlichen Pflanzentheile zur Zeit des Winters in durch schmelzendes Eis auf 0^0 erhaltenes Wasser, im Sommer in ein von einer der bekannten Kältemischungen umgebenes Gefäss und beobachtet sofort nach dem Herausnehmen.

Die Wirkung erhöhter Temperatur lässt sich schon einigermaassen gut an solchen Präparaten studiren, die man unter einem an den vier Ecken festgekittetem Deckglase in ein Wasserbad von bestimmter Temperatur eingetaucht hatte. Weit besser eignet sich indessen hierzu die Verwendung des heizbaren Objecttisches in Verbindung mit der feuchten Kammer, weil man hier die Temperatur unter beständiger, genauer Controle nach und nach bis zu einem erwünschten Punkte steigern und dauernd auf demselben erhalten kann.

Das Studium des Einflusses anderer Agentien, wie der mineralischen Säuren, der Alkalien, der Pflanzenalkaloide und anderer Gifte, halte ich zur Zeit noch für wenig entscheidend in Bezug auf die zu lösenden Fragen, weil wir eben deren Beziehungen zu dem Gesammtleben der Gewebe wie der Einzelzelle noch gar nicht oder doch nur insofern kennen, als sie vernichtend auf dasselbe wirken.

Selbst der Einfluss elektrischer Ströme, der aber immerhin studirt werden soll, scheint mir überschätzt worden zu sein, indem wir es dabei viel zu wenig in der Gewalt haben, die chemischen, mechanischen und physiologischen Wirkungen derselben voneinander zu scheiden und ausserdem die Beziehungen dieses Agens zu dem Gesammtleben des ganzen Organismus und der Elementarorgane noch zu wenig erforscht sind, um die oben erwähnten Vergleiche ziehen und hieraus gültige Schlüsse ableiten zu können. Wie die Resultate auch ausfallen mögen, es bleiben immer aus dem Zusammenhange gerissene Einzelheiten, denen der verknüpfende Faden fehlt.

Hier eine Anleitung zu den Versuchen über die Einwirkung der elektrischen Ströme zu geben, würde zu weit führen. Ohnedem hat jeder, der sich damit befassen will, die einschlägigen Gesetze und Apparate genau kennen zu lernen, und wird es ihm dann leicht werden, mit

Digitized by Google

Hilfe der in der einschlägigen Literatur erhaltenen Winke und unter Verwendung des elektrischen Objecttisches oder einer denselben ersetzenden Vorrichtung die Zusammensetzung des Apparates und die verschiedenen Modificationen in dessen Verwendungsweise zu bewerkstelligen.

Dass nur die eben geschilderte Beobachtungsweise der Protoplasmaströmungen in Verbindung mit dem Studium der Entwickelung die einzig gültigen Grundlagen für die Erkenntniss der bewegenden Kräfte liefern könne, ist natürlich. Man hat letztere theils in der Contractilität der Substanz, theils in verschiedenseitig wirkenden, durch eine eigenartige Molecularstructur des Protoplasmas bedingten Anziehungskräften gesucht, ohne dass man damit weiter gelangt wäre, als zu haltlosen Hypothesen. Wir haben es hier mehr mit den Erscheinungen selbst, als mit deren Erklärung zu thun, und können uns daher auf eine Discussion der bewegenden Kräfte nicht einlassen. Nur soviel möge angedeutet werden, dass die Beobachtung des Zellenlebens darauf hinweist, wie die Strömung aufs Innigste mit den Ernährungsprocessen zusammenhängt, und wie die bewegenden Kräfte theils in dem Mechanismus der Diffusionserscheinungen, theils vielleicht in durch die chemischen Vorgänge erregten elektrischen Strömungen ihren Grund haben dürften.

Chemische Beschaffenheit des Protoplasmas. Zur Ermittelung der chemischen Constitution des Protoplasmas dienen die früher beschriebenen Reagentien auf Eiweisskörper. Das körnige Protoplasma färbt sich nämlich unter Einwirkung von Jod, oder von Jod und Schwefelsäure dunkelgelb bis braun, von Salpetersäure und Ammoniaklösung hochgelb. Schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkali ertheilen ihm eine violette, Schwefelsäure und Zucker eine rosenrothe, das Millon'sche Salz eine ziegelrothe Färbung. Beweisen diese Reactionen auch noch nicht, dass dasselbe seiner ganzen Masse nach den Proteïnsubstanzen angehört, so geht doch zum mindesten daraus hervor, dass es reich an Eiweisskörpern ist. Andere organische Verbindungen, wie Kohlehydrate und dergleichen, welche, abgesehen von den darin suspendirten Inhaltskörperchen, unzweifelhaft immer damit gemischt und wahrscheinlich in chemischer Umwandlung begriffen darin vorkommen, sind mittelst unserer gegenwärtigen Hilfsmittel als Bestandtheile dieser Partie des Protoplasmas nicht nachzuweisen. Die äussere, homogene Schicht nimmt, wo dieselbe in solcher Masse vorhanden ist, dass sich eine sichere Beobachtung ausführen lässt, nach der Behandlung mit den genannten Reagentien entweder eine minder tiefe oder fast gar keine Farbe an, so dass die ursprüngliche Membran von der Körnerschicht durch eine lichtere Zone getrennt wird. Beide Protoplasmaschichten scheinen demnach chemisch mehr oder minder verschieden. Ich halte die äussere Schicht für chemisch verändertes Protoplasma, das nicht mehr — oder doch nicht mehr in seiner ganzen Masse — den Eiweisskörpern, sondern vielmehr schleimigen und flüssigen Kohlehydraten angehört und nach der Abscheidung aus dem Zelleninnern seine Umwand-

Digitized by Google

lung in Zellstoff erleidet. Ein unmittelbarer Uebergang der einen Inhaltsform in die andere, ebenso die Umbildung in Zellstoff lässt sich allerdings nicht beobachten. Hält man aber die Entwickelungsgeschichte der secundären Verdickungsschichten mit den eben geschilderten Thatsachen zusammen, so dürfte die ausgesprochene Ansicht wohl nicht so ganz ungegründet erscheinen.

Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. II. Bd., 2. Buch, 4. Kapitel. Von den besonderen Bewegungen in dem Innern der Zellen u. s. w. Enthält auch die vollständig ältere Literatur über die Strömungserscheinungen.

Schleiden: Beiträge zur Phytogenesis und Beiträge zur Kenntniss der Ceratophylleen. In Beiträgen zur Botanik. 1844.

H. v. Mohl: Ueber die Saftbewegung im Innern der Zellen. Bot. Zeitung 1846.

Schleiden: Grundzüge 1. bis 4. Auflage.

Göppert und Cohn: Ueber die Rotation des Zellinhaltes in Nitello flexilis. Bot. Zeitung. 1849.

H. v. Mohl: Die vegetabilische Zelle. 1851.

Alex. Braun: Ueber die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen. Monatsberichte der Berliner Akademie. 1852 und 1853.

Schacht: Die Pflanzenzelle und Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. 1852 und 1856.

Unger: Grundzüge der Anatomie und Physiologie. 1846 und Lehrbuch, 1855.

Pringsheim: Untersuchungen u. s. w.

Dippel: Beiträge u. s. w.

Max Schultze: Innere Bewegungserscheinungen bei Diatomeen u. s. w. Müllers Archiv für Anatomie und Physiologie. 1858.

Th. Jürgensen: Ueber die in den Zellen der Vallisneria spiralis stattfindenden Bewegungserscheinungen. Studien des physiologischen Instituts zu Breslau. Heft 1. Leipzig 1861.

Brücke: Das Verhalten der sogenannten Protoplasmaströme von Urtica urens gegen die Schläge des Magnetelektrometers. Sitzungsberichte der Kais. Akademie. Bd. XXXXVI, Heft 1. Wien 1862.

R. Heidenhain: Notizen über die Bewegungserscheinungen, welche das Protoplasma in Pflanzenzellen zeigt. Studien u. s. w. 1863.

Max Schultze: Das Protoplasma. Leipzig 1863.

Schacht: Ueber die Zellstofffäden in der vordern Aussackung des Embryosackes von Pedicularis sylvatica. Pringheim's Jahrbücher. Bd. III, Heft 3. Berlin 1863.

W. Kühne: Untersuchungen über das Protoplasma. Leipzig 1864.

W. Hofmeister: Ueber den Mechanismus der Protoplasmabewegung. Amtlicher Bericht der 39. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte. Giessen 1865. Desgleichen in der Flora von 1865.

Siehe ferner weiter oben, Seite 2 die Arbeiten von De Bary und Cienkowski.

Zellsaft.

Der Zellsaft bildet eine wässerige Flüssigkeit, in welcher verschiedene, organische sowohl, als unorganische Verbindungen gelöst vorkommen, die je nach der Function der betreffenden Zellenart wechseln, so dass nur eine oder die andere für sich oder auch mehrere nebeneinander auftreten können.

Von den ersteren sind namentlich Zucker, Dextrin, Gummi und Gerbstoff durch mikrochemische Reaction nachweisbar, während sich die verschiedenen Arten der Pflanzensäuren u. s. w. derselben entziehen, die gelösten Farbstoffe aber ohne weitere Reaction hervortreten.

Um den Inhalt der Zellen überhaupt, namentlich aber auch die Bestandtheile des Zellsaftes zu untersuchen, bedarf man etwas dickerer Schnitte

Digitized by Google

als bei den übrigen Beobachtungen, weil es unbedingt nothwendig ist, dass man zum mindesten eine Zellenreihe in unverletztem Zustande erhält. Als das geeignetste Reagens für die Kohlehydrate hat sich bis jetzt das von Sachs empfohlene: Schwefelsaures Kupferoxyd und Aetzkali erwiesen und ist über dessen Wirkungsweise auf dieselben das im ersten Bande S. 372 u. flgde. Mitgetheilte nachzulesen.

Gummi, Traubenzucker und Rohrzucker lassen sich mittelst dieser Reagentien leicht von einander unterscheiden. Weniger leicht dagegen ist die Unterscheidung von Dextrin und Traubenzucker, da beide während des Kochens in dem Aetzkali gelbrothe bis ziegelrothe Niederschläge geben, die sich nur schwierig und unter Anwendung der an oben bezeichneter Stelle gegebenen Hilfsoperationen von einander unterscheiden lassen, zumal wenn beide Stoffe nebeneinander vorkommen.

Das Verhalten des Gerbstoffes zu verschiedenen Reagentien, von denen das chromsaure Kali (von Sanio empfohlen) nach meinen neueren Erfahrungen entschieden den Vorzug verdient, ist ebenfalls im ersten Bande ausführlich behandelt worden und muss ich, um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, auf das dort Gesagte verweisen.

J. Sachs: Ueber einige neue mikroskopisch chemische Reactionsmethoden. Bes. Abdr. aus den Sitzungsberichten der Kais. Akademie. Wien 1859.

Sanio: Einige Bemerkungen über den Bau des Holzes. V. Ueber Gerbstoff im Holze u. s. w. Bot. Zeitung 1860.

J. Sachs: Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. III, Heft 2. Berlin 1862.

Derselbe: Ueber saure, alkalische und neutrale Reaction der Pflanzensäfte. Bot. Zeitung 1862.

Wigand: Einige Sätze über das Verhalten des Gerbstoffes und der Pflanzenfarbe. Bot. Zeitung 1862.

Sanio: Einige Bemerkungen über den Gerbstoff und seine Verbreitung bei den Holzpflanzen. Bot. Zeitung 1863.

Th. Hartig: Das Gerbmehl und Weitere Mittheilungen das Gerbmehl betreffend. Bot. Zeitung. 1865.

Geformte organische Inhaltsbestandtheile.

Von den geformten organischen Inhaltsbestandtheilen sind die wichtigsten das Stärkemehl, das Inulin, das Klebermehl, die Proteïnkrystalle oder Krystalloide, das Chlorophyll und einzelne Farbstoffe.

Stärke.

Vorkommen der Stärke. — Das Stärkemehl ist eines der am weitest verbreiteten geformten Inhaltselemente, da es von den Pilzen aufwärts wohl kaum in irgend einer Pflanzenclasse ganz fehlt. Dasselbe findet sich in der Regel nur in parenchymatischen Zellen, hier und da auch in dem Inhalte und Milchsafte mancher Bastgefässe (Georginen, Euphorbien) und nur in vereinzelten Fällen in den Faserzellen des Holzkörpers. In

Digitized by Google

manchen Gewebetheilen beobachtet man die Stärke das ganze Jahr hindurch, in anderen nur während der Ruheperiode, und hat man hierauf sowohl, als auf die Vertheilung in den verschiedenen Gewebearten und Organen der Pflanzen sein Augenmerk zu richten, worauf wir später bei der Untersuchung der letzteren zurückkommen werden.

Grösse und Form der Stärkekörner. — In Bezug auf die Grösse wechseln die Stärkekörner sehr bedeutend. Man findet solche von nur 0,001^{mm} Durchmesser, dagegen aber auch andere, wo der letztere nicht weniger als 0,2^{mm} erreicht. Selbst bei ein- und derselben Pflanze ist dieser Unterschied ganz ausserordentlich, namentlich wenn dieselbe grössere Stärkemehlkörner führt, wie die Kartoffelfrucht, die Kartoffelknollen, die Knollen der Canna-Arten u. s. w.

Die Gestalt der Stärkekörner bietet gleichfalls mancherlei Abänderungen dar und wird dieselbe nächst dem inneren Baue, d. h. der Stellung des Kernes und der Art der Schichtenbildung, für die Erkennung einer bestimmten Stärkeart von Wichtigkeit.

Zunächst hat man zwischen einfachen und zusammengesetzten Stärkekörnern zu unterscheiden, von denen die ersteren die grösste Verbreitung besitzen, während die letzteren nur in einzelnen Familien vorkommen. Die einfachen Stärkekörner sind ihrer Form nach 1. rundlich (seltener kugelig, häufiger linsenförmig zusammengedrückt), Kartoffel, Canna, Lilie, Gräser, Leguminosen u. s. w., 2. flach scheibenförmig in den Rhizomen der Zingiberaceen, 3. stabförmig in dem Milchsafte der einheimischen und tropischen Wolfsmilcharten (Fig. 1, I bis VII).

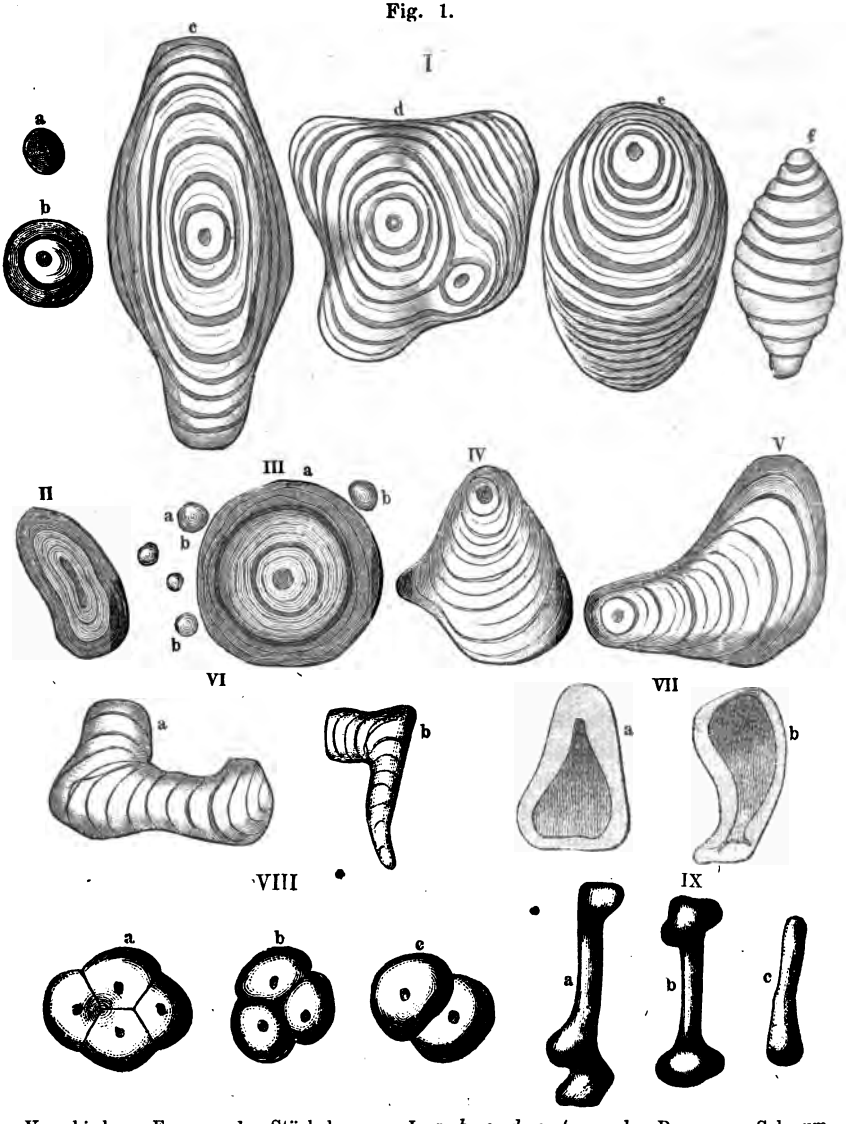
Die zusammengesetzten Stärkekörner finden sich namentlich in den Zwiebeln der Herbstzeitlose, in der Wurzelrinde der Sassaparilla, in der Wurzel der Zaunrübe, und es wechselt deren Form je nach der Zusammenordnung der Theilkörner. Am häufigsten stellt dieselbe jedoch einen Kugelab- oder Ausschnitt vor (Fig. 1, VIII, a. f. S.).

Structur der Stärkekörner. — Die Structur des Stärkemehls bietet für die Untersuchung manches Interessante. Die meisten Stärkeformen zeigen schon, wenn sie mit Wasser benetzt betrachtet werden, einen geschichteten Bau. Bei anderen Formen kann man die Schichtung erst nach vorheriger Anwendung von chemischen Mitteln, wozu sich namentlich Chlorzinkjodlösung in der Wärme angewendet eignet, sichtbar machen. Sämmtliche Schichten sind um einen innern Kern gelagert, der bald im Mittelpunkte des Stärkekorns steht (Fig. 1, III), bald eine mehr oder minder excentrische Stellung einnimmt (Fig. 1, I), bald von pshärischer (Fig. 1, I), bald von länglicher Gestalt ist (Fig. 1, II). Hierdurch wird denn auch ein bald mehr concentrischer (Fig. 1, III), bald ein mehr unregelmässiger, excentrischer Verlauf der Schichten bedingt (Fig. 1, I, II und IV bis VI).

Digitized by Google

Nach Professor Nägeli, der ein Wachsthum des Stärkekorns lediglich durch Intussusception annimmt, rührt die eben beschriebene Zeich-

Fig. 1.



Verschiedene Formen des Stärkekornes. I. *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* aus der Beere von Solanum tuberosum. II. aus Phaseolus multiflorus. III. *a* und *b* aus Secale cereale. IV. aus dem Rhizome von Galanga. V. aus dem Rhizome von Curcuma. VI. *a* und *b* aus dem Stamm von Dieffenbachia seguina. VII. *a* und *b* aus dem Rhizome von Iris florentina. VIII. *a*, *b* und *c* aus dem Stengel von Smilax sarsaparilla. IX. aus dem Milchsafte von Euphorbia splendens. Vergr. 1 : 660.

Digitized by Google

nung von nebeneinanderliegenden, wasserreicheren und wasserärmeren Schichten her, welche in Folge ihres verschiedenen lichtbrechenden Vermögens in die Erscheinung treten. Nach älterer Ansicht, welche das Wachsen durch Apposition geschehen lässt, die Thatsache der wirklich vorhandenen Differenz in der Dichtigkeit der Schichten aber übersieht, besteht dagegen das Stärkekorn aus von einander getrennten, von Innen nach Aussen übereinander gelagerten homogenen Schichten und es werden die dunklen Streifen lediglich durch die lufthaltigen Zwischenräume und durch die an den Seiten der Schichten bewirkten Ablenkungen der Lichtstrahlen hervorgerufen.

Um sich mit der Structur der Stärkekörner gehörig vertraut zu machen und die Ursache der Schichtung zu ermitteln, d. h. sich von der Richtigkeit der Nägeli'schen oder der älteren Ansicht zu überzeugen, muss man dieselben sowohl unverletzt als in Form von zarten Durchschnitten (Bd. I, S. 325) sowohl unter Wasser, als auch unter stärker brechenden Zusatzflüssigkeiten, Canadabalsam, Anisöl, Schwefelkohlenstoff, endlich von Luft umgeben, d. h. trocken betrachten. Da diese Untersuchungsmethode bei der Beobachtung des feineren Baues der Zellstoffhülle (Schichtung und Streifung) eine ausgedehnte Anwendung findet, so verweise ich auf die dort gegebene eingehendere Anweisung.

Ausser dem Einflusse der genannten, so zu sagen optischen Reagentien hat man ferner die Wirkung von Säuren, Alkalien und alkalischen Salzen, namentlich auch des Kupferoxydammoniaks wie des essigsauren Kalis (Fig. 2, III und IV.), dann des Kochens und der trockenen Wärme zu studiren, wobei namentlich für eine ganz allmälige Einwirkung der betreffenden Agentien Sorge zu tragen ist.

Trocken betrachtete Stärkekörner zeigen oft eine geringere Anzahl von Schichten, als im feuchten Zustande betrachtete; ganz verschwinden jene indessen nicht immer, wie dies von Nägeli behauptet wird. Unter dem Einflusse der genannten chemischen Agentien erfolgen immer die verschieden dichten Partieen der Schichten in verschiedener Weise treffende Quellungserscheinungen, über deren Verlauf die eigene Anschauung den besten Aufschluss gibt. Die Einwirkung der trockenen Wärme ist verschieden, indem in Folge derselben die Schichtung bald deutlicher und zwar bis zum Abblättern der einzelnen Schichten hervortritt, bald mehr und mehr, bis zu völligem Verschwinden, abnimmt.

Chemisches Verhalten der Stärke. — Das Stärkekorn besteht, wie zuerst von Nägeli nachgewiesen worden ist, aus zwei chemisch verschiedenen Substanzen, welche der genannte Forscher für Granulose und Zellstoff erklärt, die ich aber nach meinen eigenen Untersuchungen in Uebereinstimmung mit H. v. Mohl nur für Modificationen der Stärke halten kann. Beide unterscheiden sich durch ihr Verhalten gegen den thierischen Speichel, oder gegen eine etwas freie Salzsäure enthaltende Kochsalzlösung.

Digitized by Google

Um dieses Verhalten zu studiren, bringt man die Stärkekörner im Vereine mit etwa 40 Theilen thierischen Speichels oder oben genannter Lösung in einen verschlossenen kleinen Kolben oder Reagenscylinder und setzt dieselben im ersteren Falle, während 8 bis 10 Tagen einer Temperatur von 38° bis 50° C., im andern 2 bis 4 Tage einer solchen von 60° C. aus. Nach Verlauf dieser Zeit ist die lösliche Modification der Stärke, die „Granulose", vollständig ausgezogen und es bleibt ein Skelett der unlöslichen Modification zurück, auf welches man dann die oben genannten Reagentien wirken lassen kann.

Das Verhalten der Stärke gegen chemische Reagentien und der hierin begründete Nachweis derselben durch das Mikroskop wurde bereits im ersten Theile weitläufiger behandelt und verweise ich in dieser Beziehung auf die betreffende Stelle (Seite 372).

Es bleibt mir hier nur übrig, einige Winke über den Nachweis dieser Substanz in solchen Geweben hinzuzufügen, wo sie entweder gelöst in sehr kleinen Körnchen oder in Chlorophyll eingeschlossen vorkommt, sowie des Verhaltens gegen kaltes Wasser zu erwähnen, welches in neuerer Zeit eine vielfache Besprechung erfahren hat. Hier genügen die einfacheren Methoden keineswegs und man ist genöthigt, ein etwas umständlicheres Verfahren einzuschlagen, zu dem Sachs und Böhm in den weiter unten bezeichneten Abhandlungen Anleitung gegeben haben.

Enthalten die zu prüfenden Gewebe kein Chlorophyll, so erwärmt man zarte Schnitte in Kalilösung, lässt sie einige Zeit darin liegen, wascht dann mit Wasser gut aus und neutralisirt schliesslich durch Essigsäure. Verdünnte alkoholische Jodlösung auf einen derartigen Schnitt angewendet ruft jetzt die bekannte, charakteristisch blaue Färbung hervor, und man erkennt unter starken Vergrösserungen die Stärke entweder in Form von aufgequollenen blauen Körnchen oder als blauen Kleister inmitten des gelb gefärbten Protoplasmas. Wo das Chlorophyll die Reaction verdeckt, da müssen die betreffenden Pflanzentheile zuerst in starkem Alkohol liegend an der Sonne gebleicht, und dann auf dieselben das eben beschriebene Verfahren angewendet werden.

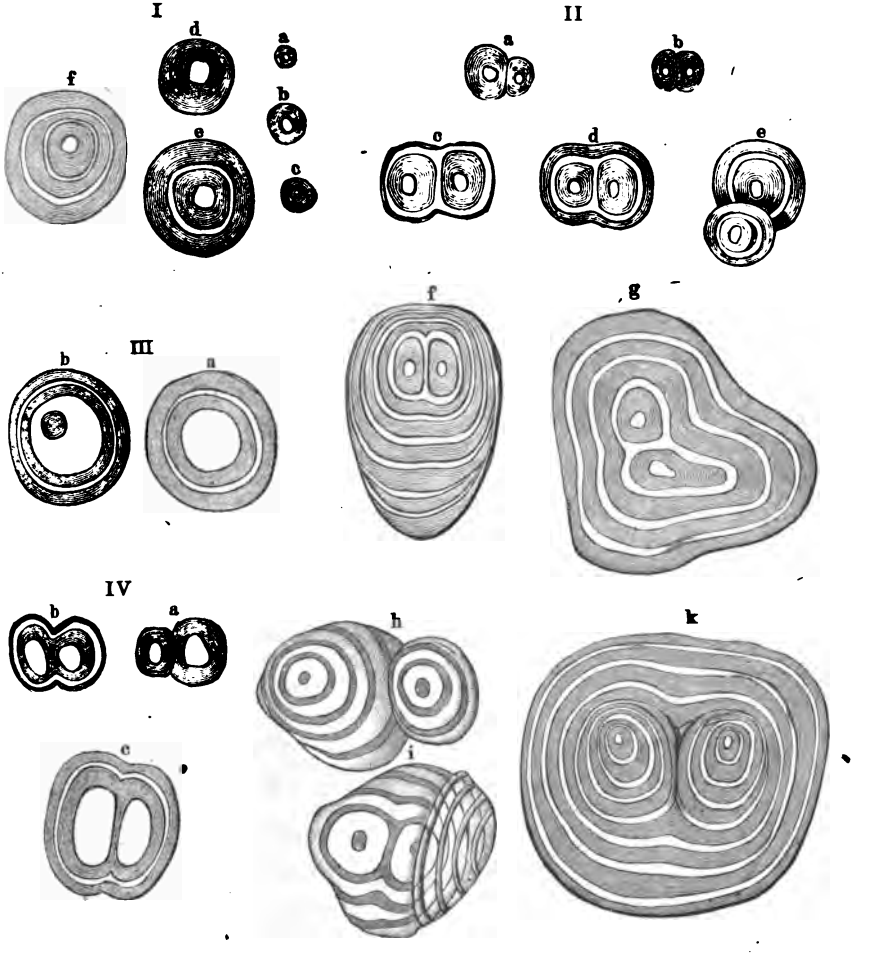
In kaltem Wasser löst sich, wie neuere Untersuchungen darthun, nur ein Theil des Korns und nur dann, wenn dasselbe zerstört wurde. Um dieses Verhalten zu studiren, zerreibt man käufliche Stärke in einem Achatmörser mit wenig Wasser und filtrirt die abgegossene Flüssigkeit durch Papier. Jodzusatz färbt das unter dem Mikroskope homogen erscheinende Filtrat blau.

Entwickelung des Stärkekornes. — Da die Stärke ursprünglich wohl immer innerhalb des Chlorophylls entsteht, so fällt die Untersuchung ihrer Entwickelungsgeschichte, die sich indessen in den ersten Stufen der Beobachtung entzieht, mit jener des genannten Inhaltbestandtheiles zusammen, auf die wir weiter unten eingehen werden. Zum Studium ihrer weiteren Ausbildung eignen sich vorzugsweise die Früchte und

Digitized by Google

jungen Knollen der Kartoffel, die knolligen Canna-Arten u. s. w., die man während ihres Wachsthums in ihren möglichst lückenlose Reihen bildenden Entwickelungsstadien zu untersuchen hat. Nur die Beobachtung solcher lückenlosen Entwickelungsstufen kann über die Structur des Stärkekornes, über die Folge und Natur der Schichtenbildung u. s. w. die erforderliche Auskunft gewähren, bezüglich deren man trotz der viel-

Fig. 2.



Entwickelung des Stärkekornes in der Beere von Solanum tuberosum. I. Einfaches Korn, Entwickelungsstufen gemäss den Buchstaben *a*, *b*, *d*, *e*, *f*; *c* ein Korn ohne Kern. II. *a* bis *k* sogenannte Theilkörner in verschiedenen Entwickelungszuständen. III. *a* und *b* einfache, IV. *a* bis *c* Theilkörner nach der Einwirkung von essigsaurem Kali, III. *b* ein Korn mit von Anfang dichtem Kern. Vergr. 1 : 1200. Alle Figuren mit Ausnahme von II. *h* und *i* sind als optische Durchschnitte gezeichnet.

Digitized by Google

fachen einschlägigen Untersuchungen noch keineswegs zu einem befriedigenden Abschluss gelangt ist.

Die hier zu beobachtenden jüngsten Entwickelungszustände stellen kleine kuglige, solide Körner dar, welche in ihrem Centrum entweder schon den sogenannten Kern erkennen lassen, oder dessen hier und für die Folge entbehren, so dass in diesem Fall das fertige Korn einen Kern nicht besitzt (Fig. 2, I. *c* u. III. *b*). Die weiter fortschreitenden Entwickelungszustände des einfachen Kornes, welche sich durch fortdauernde Vermehrung der Schichten kenntlich machen, sind in der beigegebenen Figur in der Reihenfolge von *a* bis *f* dargestellt. Ein sicherer Schluss über die Berechtigung der Nägeli'schen oder der älteren Theorie der Stärkebildung ist meines Erachtens aus den dargestellten Entwickelungsstufen nicht zu ziehen, da man die Sonderung der verschiedenen Schichten ebensowohl durch eine periodische Ablagerung letzterer verursacht, als aus der späteren Differenzirung einer ursprünglich homogenen Substanz hervorgegangen betrachten kann. Dagegen scheint die Entstehung der sogenannten Theilkörner (Fig. 2, II. *a* bis *k*) mehr für die Ablagerung neuer, aus je einer inneren weicheren und einer äusseren dichteren Lamelle bestehender Schichten von Aussen zu sprechen. Die jüngsten zu beobachtenden Doppelkörner, wie die späteren Entwickelungsfolgen lassen nämlich gar keinen Zweifel darüber, dass sie aus der Verwachsung zweier einfachen Körner, nicht aber aus der Differenzirung zweier Kerne in einem — dann doch wohl runden oder elliptischen, nicht biscuitförmigen — Korne hervorgegangen sind, was sowohl im jüngsten Zustande (Fig. 2, II. *a*—*c*) als im späteren Alter geschehen kann (Fig. 2, II. *h*—*k*). Ebenso stellen sich die späteren Schichten (Fig. 2, II. *d* bis *k*) so dar, dass man eine Anlagerung von Aussen anzunehmen nicht unberechtigt sein dürfte.

J. Fritsche: Ueber das Amylum. Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XXXII. 1834.

Payen: Memoire sur l'amidon, comidéré tous les pointes de vue anatomique et physiologique. Ann. des sciences. nat. X. 1838.

Schleiden: Grundzüge 1. und 4. Aufl.

Nägeli: Stärkebläschen, Stärkekörner. Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik von Schleiden und Nägeli. Bd. I, Heft 3 und 4. 1846.

Th. Hartig: Ueber den Bau des Stärkemehls. Bot. Zeitung 1855 und 1856.

Derselbe: Entwickelung des Pflanzenkeimes. 1858.

Nägeli: Die Stärkemehlkörner. Zürich. Ferner in „Nägeli und Cramer, pflanzenphysiologische Untersuchungen": Stärke 1858.

Jessen: Ueber die Löslichkeit des Stärkemehls. Poggendorff's Annalen. Bd. CVI und CIX. 1858 und 1859.

H. v. Mohl: Ueber den vorgeblichen Gehalt der Stärkekörner an Cellulose. Bot. Zeitung 1859.

W. Kabsch: Ueber die Löslichkeit des Stärkemehls und sein Verhalten im polarisirten Licht. Zürich 1861.

J. Sachs: Einige neue Reactionsmethoden u. s. w. Ueber die Stoffe u. s. w. Siehe oben Seite 20 und: Mikrochemische Untersuchungen. Flora 1862.

Derselbe: Ueber die Entstehung der Stärke in den Blättern. Monatshefte der Annalen der preussischen Landwirthschaft. Berlin 1863.

Nägeli: Die Reaction von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen. 1. und 2. Theil. Sitzungsberichte der Königl. Bair. Akademie der Wissenschaften. 1862 u. 1863.

Digitized by Google

Derselbe: Ueber die chemische Zusammensetzung von Stärkekörner und Zellmembranen; ferner: Ueber die chemische Verschiedenheit der Stärkekörner. Sitzungsberichte u. s. w. 1863.

Jessen: Ueber die Löslichkeit der Stärke. Poggendorff's Annalen 1864.

Inulin.

Vorkommen des Inulins. — Das Inulin trifft man, soweit bis jetzt bekannt, nur in einer einzigen Pflanzenfamilie, in den Compositen und zwar am häufigsten in den Wurzeln (Löwenzahn, Sonnenblume, Dahlie u. s. w.), seltener im Stengel an. Aber auch hier ist es nicht immer vorhanden und scheint manchmal ganz oder doch theilweise durch Stärkemehl ersetzt zu werden. Wenigstens traf ich zur Winterszeit in den Wurzeln des gemeinen Löwenzahnes das Bast- und Rindenparenchym stellenweise dicht mit Stärkekörnern erfüllt. Das Inulin kommt in den lebenden Zellen nur gelöst vor, erscheint aber in den todten Zellen oder nach dem Trocknen in Form von kleinen Körnern. Man erhält es durch Schaben des Wurzelgewebes und längeres Absetzenlassen der erhaltenen Masse in Wasser als kleinkörnigen Niederschlag. Auf dem, unverletzte und durchschnittene Zellen enthaltenden, mit Wasser befeuchteten Pflanzenschnitt ist das Inulin in Lösung innerhalb der ersteren kaum an seiner etwas stärker lichtbrechenden Eigenschaft zu erkennen. Aus gleichem Grunde sind auch die frei im Wasser vertheilten Niederschlagskörner nur schwer zu sehen. Um sie sichtbar zu machen, erfordert es einen Zusatz von Jodlösung oder noch besser von Jodglycerin, welche ihnen eine gelbe Färbung ertheilen.

Mikroskopischer Nachweis des Inulines. — Zum mikroskopischen Nachweise des Inulines eignen sich am besten die durch Schacht und Sachs bekannt gemachten Behandlungsweisen der inulinhaltigen Gewebe. Taucht man einen frischen Schnitt aus dem Wurzelparenchym, von Dahlia, Inula, Helianthus tuberosus oder Taraxum officinale in absoluten Alkohol, so schlägt sich das Inulin in Form von grösseren oder kleineren Körnern nieder, die häufig ein schaumiges, vacuolenartiges Aussehen zeigen (Fig. 3, II. *a*, a. f. S.). Ein längeres, 5 bis 10 Minuten dauerndes Verweilen der Schnitte bewirkt eine Vereinigung der kleinen Körnchen zu grösseren, isolirten, kugeligen, oder zu an der Zellwand festsitzenden, oft traubig gruppirten, halbkugeligen Körpern (Fig. 3, I. *a*), die man unter Wasser betrachtet als von radial verlaufenden Sprüngen durchsetzt, hie und da wohl auch, namentlich nach Säurezusatz, als concentrisch geschichtet erkennt (Fig. 3, I. *b*, und II. *b* u. *c*). Die schönsten, sowohl vereinzelt vorkommende, als gruppirte Inulinkugeln erhält man dann, wenn man grössere Gewebestücke tage- oder wochenlang in Alkohol oder Glycerin verweilen lässt, und dann von diesen nicht zu feine Schnitte nimmt (Fig. 3, I. *a* u. *b*).

Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. II.
Payen: Annales d. sc. nat. Bot. T. XIV, Août 1840.

Digitized by Google

Mulder: Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. Braunschweig 1851.
Schleiden: Unger, Schacht in den mehrfach citirten Werken.
H. v. Mohl: Die Untersuchung des Pflanzengewebes im polarisirten Lichte. Bot. Zeitung. 1858.

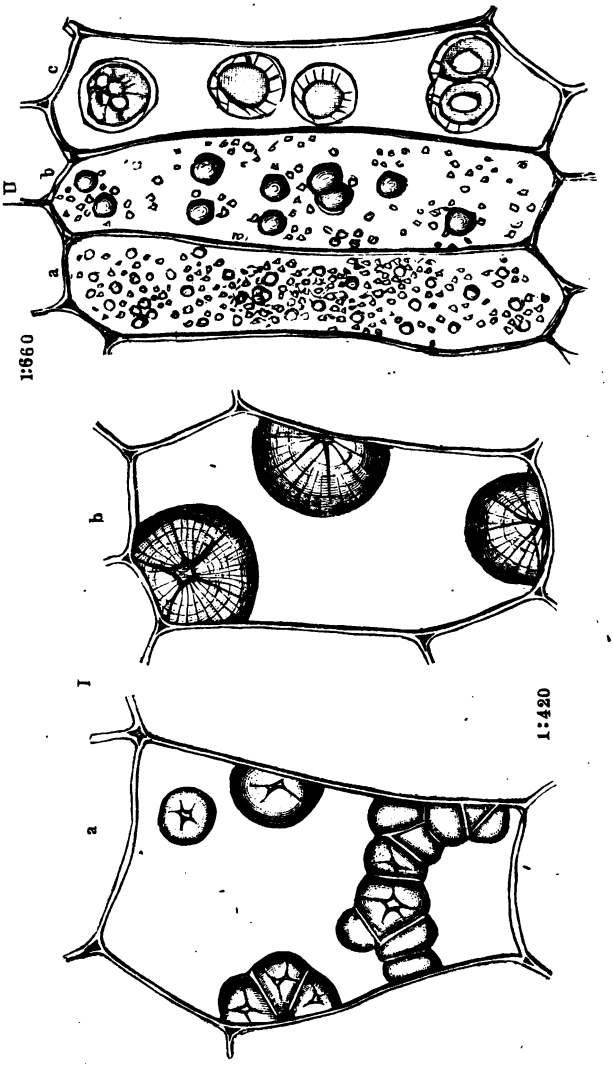


Fig. 3.

Inulin. I. Parenchymzellen aus der in Alkohol aufbewahrten Knolle von Dahlia variabilis, *a* unter Wasser betrachtet, *b* nach Zusatz von Salpetersäure. II. Drei Zellen aus dem Wurzelparenchym von Cichorium intybus, *a* kurz nach der Einwirkung von Alkohol, *b* nach etwas längerer Einwirkung, *c* nach 1 Tag dauernder Einwirkung unter Wasser betrachtet. Vergr. I. 1 : 420, II. 1 : 660.

Schacht: Ueber die mikroskopische Nachweisung des Inulins. Sitzungsbericht der physikalischen Section der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde vom 9. November 1863.
J. Sachs: Ebendaselbst.
Derselbe: Ueber die Sphärokrystalle des Inulins und dessen mikroskopische Nachweisung in den Zellen. Bot. Zeitung 1864.

Digitized by Google

Klebermehl.

Vorkommen und Verhalten. — Das Klebermehl (Satzmehl, Aleuron) wurde von Hartig (Bot. Zeitung 1855, S. 881) entdeckt und dargestellt. Dasselbe findet sich in dem stärkemehlfreien, ölhaltigen Samen von Leguminosen, der Haselnuss und Paranuss (Bertholletia excelsa), sowie neben Stärkemehl in dem Sameneiweisse der Nadelhölzer (Pinus cembra etc.) in Form von runden oder länglich runden, kleinen Stärkekörnchen nicht unähnlichen Körnern ohne Schichtung. Man erhält das Klebermehl in grösseren Mengen, wenn man zarte Scheibchen aus den betreffenden Samen mit einem fetten Oele so lange auswäscht, als dieses noch getrübt erscheint, das durch ein feines Tuch gelaufene Oel sich absetzen lässt, und den weissen Bodensatz nach Wegnahme des überstehenden Oeles auf einem Filter durch Auswaschen mittelst wasserfreien Alkohols oder Aethers von dem letzteren völlig befreit. Die Beobachtung geschieht am besten unter Jodglycerin, welches demselben eine gelbe Farbe ertheilt. In Wasser, Säuren und Alkalien ist es leicht löslich, und es erweist sich seine Lösung unter Anwendung der passenden Reagentien als stickstoffhaltig, so dass man dasselbe den Eiweisskörpern zurechnen muss.

Proteïnkrystalle. Krystalloide.

Die Proteïnkrystalle, Krystalloide, welche man ihrer Form und ihres unzweifelhaften, hohen Eiweissgehaltes halber unter der ersteren Bezeichnung in der Histiologie einführte, erhalten, weil sie erstlich bei aller Aehnlichkeit in der Form doch in vielen Beziehungen wesentlich von den Krystallen abweichen, dann aber ihrer physikalischen und chemischen Constitution nach noch keineswegs hinreichend erforscht sind, und das Proteïn als Radical der Eiweissverbindungen wohl gänzlich fallen gelassen werden muss, passender den letzteren, ihnen vom Professor Nägeli beigelegten, Namen.

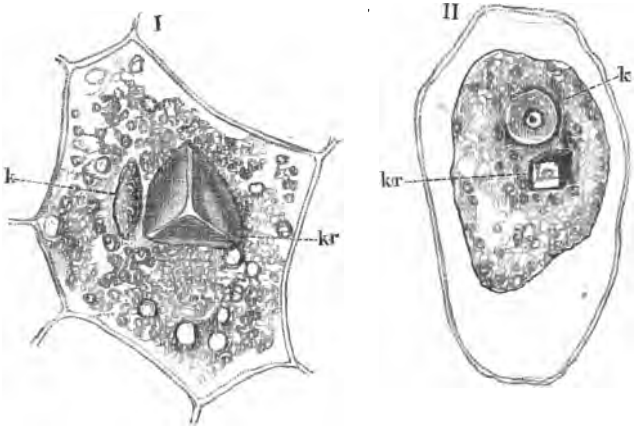
Dieselben wurden, nachdem Hartig schon die krystallinischen Bildungen innerhalb des Klebermehlkornes entdeckt und als Weisskerne bezeichnet hatte, zuerst von Rädlkofer als den wirklichen Krystallen ähnliche Bildungen nachgewiesen und in den Zellkernen verschiedener Gewebetheile der Lathraea squamaria aufgefunden (Ueber Krystalle proteïnartiger Körper etc. Leipzig 1859). Maschke hat sie aus den Klebermehlkörnern der Paranuss dargestellt (Bot. Ztg. 1859) und Cohn dieselben als freie Krystalle in dem Protoplasma der unter der Korkschicht liegenden stärkefreien Zellen der Kartoffelknolle entdeckt (37. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur, S. 72 u. s. w.).

Zur Beobachtung der Krystalloide in dem Samen von Bertholletia, Ricinus, Corylus, Sparganium u. s. w., wo sie sich dem übrigen körnigen, öfter Oeltropfen führenden Inhalte eingebettet finden (Fig. 4, I), dienen nicht zu dünne Schnitte durch den Eiweisskörper.

Digitized by Google

Will man dagegen jene der Kartoffelknollen näher untersuchen, so zieht man die Korkhülle ab und nimmt einen derselben parallelen zarten Schnitt. Man findet dieselben, welche übrigens nicht bei allen Kartoffelsorten und nicht immer in gleich vollkommener Ausbildung vorhanden

Fig. 4.



Vorkommen der Krystalloide *kr.* in den Parenchymzellen. I. des Samens von Bertholletia excelsa. II. der Knolle von Solanum tuberosum. Vergr. 1 : 420.

sind, dann entweder an der ursprünglichen Zellmembran (dem Primordialschlauche) anliegend, oder in dem Protoplasma eingebettet, oft in der unmittelbaren Nähe des Zellkernes (Fig. 4, II).

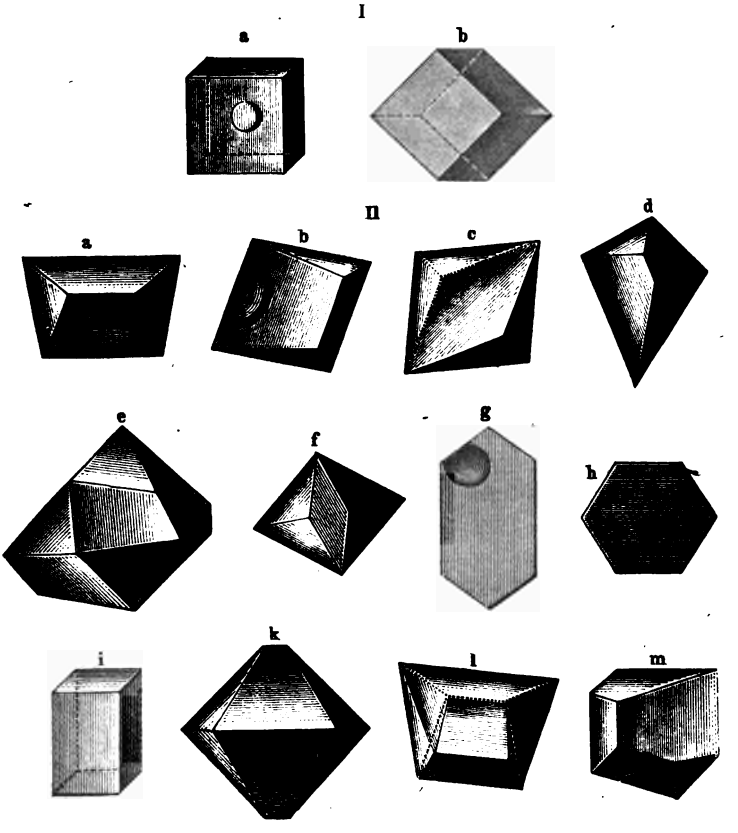
Formen der Krystalloide. — Die Krystallform, welche bei den unorganischen Verbindungen mit der chemischen Constitution in so entschiedenem Zusammenhange steht, hängt auch hier voraussichtlich mit Verschiedenheiten in der Zusammensetzung zusammen, so dass dieselbe bei verschiedenen Pflanzen verschieden sein kann, bei derselben Pflanze aber, trotz der mancherlei Verschiedenheiten in den abgeleiteten Gestalten, doch auf dieselbe Grundform zurückzuführen ist. Die Erkenntniss der letzteren wird indessen dadurch erschwert, dass die Winkel nicht selten um mehrere Grade abweichen und der Parallelismus der gegenüberliegenden Flächen gestört erscheint.

Bei der Kartoffel gehören die Krystalloide nach den Untersuchungen Cohn's sowie nach meinen eigenen Erfahrungen unzweifelhaft dem regulären System an (Fig. 5, I. *a* u. *b*); die der Lathraea dagegen rechnet Radlkofer zu den rhombischen, jene im Sameneiweiss von Sparganium zu dem hexagonalen System, während man über die Krystallform anderer, z. B. jener der Paranuss, welche nach den Beobachtungen Nägeli's dem schiefrhombischen Systeme angehören sollen, nach manchen der von mir

Digitized by Google

beobachteten Grund- und abgeleiteten Gestalten (Fig. 5, II. *a* bis *m*), aber eher dem rhombischen Systeme zuzurechnen sein dürften, noch nicht

Fig. 5.



Einzelne Krystalloide. I. aus der Kartoffelknolle, *a* mit einem runden Kern, *b* ohne Kern. II. *a* bis *m* verschiedene Grund- und abgeleitete Formen aus dem Samen von Bertholletia excelsa. Vergr. 1 : 1000.

einig ist. Es bleibt für diese Untersuchungen sonach noch ein ziemlich weites Feld offen.

Chemisches Verhalten. — Bei der Beobachtung des mikrochemischen Verhaltens, welches je nach Umständen ein etwas verschiedenes sein kann, kann für die verschiedenen Krystalloide so ziemlich derselbe Gang eingehalten werden, es mag daher genügen, wenn hier nur auf die Untersuchung jener der reifen Kartoffel näher eingegangen wird.

Wasser bewirkt in den Würfeln der Kartoffeln eine Art Spaltung, so dass sie aus wenigen Schichten zusammengesetzt erscheinen. Ammoniak

Digitized by Google

und verdünnte Kalilösung, ebenso Essigsäure lösen sie auf. Farbstoffe werden von denselben sehr begierig aufgespeichert.

Will man das Verhalten gegen die bekannten chemischen Reagentien auf Eiweisskörper prüfen, so benutzt man am besten gekochte, sogenannte Pellkartoffeln, da die Krystalloide hierdurch in ihrer Form keine wesentliche Veränderung erleiden, gegen die zerstörende oder lösende Einwirkung der chemischen Flüssigkeiten aber weit resistenter werden, so dass sie sich nun weder in Ammoniak noch in Essigsäure lösen.

Jodlösung sowie Salpetersäure und Ammoniak färben so behandelte Krystalloide prächtig gelb, das Millon'sche Reagenz zinnoberroth, schwefelsaures Kupferoxyd und Kali und ebenso Salzsäure violett, Cochenillelösung in Verbindung mit Essigsäure intensiv brennend roth; alles Beweise dafür, dass wir in denselben einen Eiweisskörper vor uns haben. Ob diese Verbindung Caseïn ist, wie Maschke vermuthet, dürfte erst noch durch weitere chemische Untersuchungen zu bestätigen sein.

Ein weiteres Interesse gewähren die Quellungserscheinungen, welche durch verdünnte alkalische Lösungen, durch Säuren, durch Glycerin in Verbindung mit verdünnten Säuren hervorgerufen werden. Nägeli hat aus denselben Schlüssen auf die Constitution der Krystalloide gezogen, welche für deren Stellung gegenüber den unorganischen Krystallen von Wichtigkeit sind. Zum Studium der hier in Betracht kommenden Vorgänge verwendet man am besten durch Auswaschen des zerriebenen Albumens mittelst Oeles und Aethers erhaltene, isolirte Krystalloide, und verfolgt daran die Einwirkung sorgsam von Schritt zu Schritt.

Ueber das Verhalten dieser Gebilde zu dem polarisirten Lichte werden wir in dem betreffenden Abschnitte zu sprechen Gelegenheit nehmen.

Th. Hartig: Ueber das Klebermehl. Bot. Zeitung 1855 und 1856. Entwickelung des Pflanzenkeimes. Berlin 1858.

v. Holle: Beiträge zur näheren Kenntniss der Proteïnkörner. Neues Jahrbuch für Pharmacie von Walz und Winkler 1858.

Radlkofer: Ueber Krystalle proteïnartiger Körper pflanzlichen und thierischen Ursprungs. Leipzig 1859.

Maschke: Ueber den Bau und die Bestandtheile der Kleberbläschen in Bertholletia. Bot. Zeitung 1859.

Cohn: Ueber Proteïnkrystalle in den Kartoffeln. Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. 1859.

Nägeli: Ueber die aus Proteïnsubstanzen bestehenden Krystalloide der Paranuss. Botanische Mittheilungen. München 1862.

Chlorophyll.

Formverhältnisse des Chlorophylls. — Das Chlorophyll (Blattgrün) bildet eigentlich immer eine formlose Substanz und erscheint nur da in Form von Körnern, wo es andere, geformte Bestandtheile des Zelleninhaltes, welche man dann als Chlorophyllkörner bezeichnet, überzieht. Niemals bildet es den Inhalt von Bläschen, wie dies, auf unvollständige Beobachtungen gestützt, manche Forscher annehmen. Um sich von den

Digitized by Google

beiden angeführten Thatsachen zu überzeugen, bedarf es nur einer einfachen Behandlung des betreffenden Präparates mit Alkohol oder Aether, welche das Chlorophyll lösen und dessen Unterlage zurücklassen.

In manchen Pflanzen, z. B. in den Zellen der Drapernaldien, der Spirogyren, Zygnemen, Closterien und anderer Algen, ebenso in denen des Laubes von Anthoceros ist das Chlorophyll an das allgemeine Protoplasma gebunden, indem es die von demselben gebildeten Bänder, Strömungsfäden u. s. w. überkleidet. Es erscheint hier so zu sagen formlos.

Bei der grossen Mehrzahl der Pflanzen tritt das Blattgrün dagegen als Ueberzug von körnerförmigen Bildungen auf und erscheint somit selbst unter der Form von Körnern. Die körnige Unterlage desselben ist zweierlei Art.

In dem einen Falle wird sie aus einer stickstoffhaltigen Substanz, wahrscheinlich aus einem erhärteten Theile des Protoplasmas, gebildet. Solche Chlorophyllkörner findet man in den vollkommen entwickelten Blättern der Tulpe, der Stechpalme (Ilex aquifolium), des Mauerpfeffers (Sedum acre), der Fetthenne (Sedum Telephium). Zieht man bei diesen Pflanzen das Chlorophyll durch Alkohol oder Aether aus und prüft die zurückbleibenden Körner mittelst chemischer Reagentien, so zeigen dieselben einen unzweifelhaften Gehalt an Eiweissstoffen. Die Form dieser Körner ist in der Regel linsenförmig abgeplattet und ihre Grösse schwankt nach H. v. Mohl, dessen Arbeit (Bot. Zeitg. 1855) wir den wesentlichsten Aufschluss über das Chlorophyll verdanken, zwischen 0,0075 bis 0,009^{mm}.

Die Unterlage der zweiten Art besteht aus einem oder mehreren Stärkekörnern, und das Chlorophyll bildet, an eine protoplasmatische Masse gebunden, über denselben bald einen ganz dünnen, bald einen stärkeren Ueberzug. Das Vorhandensein des Stärkemehls erkennt man hier meistens schon unmittelbar nach der Befeuchtung des betreffenden Präparates mit Jodlösung, wonach dessen Körner intensiv blau gefärbt werden, besser aber noch, wenn man den Farbstoff vorher mittelst Alkohol ausgezogen hat.

Die Form dieser zweiten Art der Chlorophyllkörner wechselt mannigfach, bald ist dieselbe rund, bald länglich bis stäbchenförmig, und ihre Grösse schwankt von etwa 0,0075 bis zu 0,019^{mm}. Unter die Pflanzentheile, welche nur derartige Chlorophyllkörner besitzen, gehören z. B. die Epidermis der Antheridien der Laubmoose, die Blätter dieser und der Lebermoose, die Blätter der Mistel (Viscum album) und der Wachsblume (Hoya carnosa). Ausserdem finden sie sich, wenn die äusseren Schichten der Blätter und grünen Stengeltheile auch nur Chlorophyllkörner mit einer stickstoffhaltigen Unterlage besitzen, immer in deren inneren Schichten, und scheinen überhaupt die weiteste Verbreitung zu besitzen.

Die wichtigsten Verhältnisse, auf welche man bei der Untersuchung des Chlorophylls sein Augenmerk zu richten hat, sind also die Gestaltungs-

Digitized by Google

und Mischungsverhältnisse seiner Unterlage, sowie die Vertheilung der verschiedenen Arten desselben sowohl in den einzelnen Pflanzen als in den verschiedenen betreffenden Organen und Geweben einer und derselben Pflanze.

Entstehung des Chlorophylls. — Die Entstehung des Chlorophylls verfolgt man in jugendlichen, sich eben entwickelnden Stengeln und Blättern von im Wachsthum begriffenen oder noch besser von keimenden Pflanzen, und hat man vorzugsweise auf die Bildung seiner Unterlage zu achten. Man wird dann sowohl bei solchen Chlorophyllkörnern, welche eine stickstoffhaltige Unterlage besitzen und behalten, als auch bei jenen, welche später Stärkekörner als Einschlüsse oder Unterlage beobachten lassen, finden, dass dieselben immer aus farblosem, homogenem oder höchst feinkörnigem Protoplasma hervorgehen, und sich, während letzteres eine gelbgrüne oder grüne Farbe annimmt, in Form von kugeligen Klümpchen heranbilden. Die so entstandenen Körner erscheinen immer erst später von dem vollkommen grünen Farbstoff überzogen.

Wo Stärkekörner die Grundlage des fertigen Chlorophylls bilden, da beobachtet man die Entstehung wie die Theilungen dieser letzteren erst dann, wenn sich das Chlorophyllkorn schon gebildet hat. Für diese letzteren Beobachtungen bieten namentlich die jungen Moosblätter, ebenso die die Befruchtungsorgane umgebenden jugendlichen Paraphysen ein günstiges Material.

Die Entstehung der Chlorophyllkörner, über welche uns namentlich die neueren Arbeiten von Jul. Sachs schöne Aufschlüsse ertheilt haben, und deren Beobachtung die Anfertigung sehr zarter Schnitte und die Anwendung starker Vergrösserungen sowie den Gebrauch einer der Seite 271 u. f. des ersten Bandes beschriebenen Zusatzflüssigkeiten verlangt, erfolgt nach zwei verschiedenen Typen, indem dieselben entweder aus dem wandständigen oder aus dem in der Nähe des Kernes angesammelten Protoplasma hervorgehen.

Bei dem ersten Typus findet sich in denjenigen Zellen, welche Chlorophyll bilden, z. B. in jenen der Keimblätter der Bohnen, der Pferdebohnen, der Sonnenblume u. s. w., vor dem Keimen, in jenen der in der Ausbildung begriffenen Blättchen der jüngsten Internodien keimender Pflanzen ein mächtiger, die Zellhaut entweder in gleichmässiger Stärke überziehender, oder an manchen Stellen stärker angehäufter Ueberzug von homogenem Protoplasma (Fig. X, I. *a*), der, sobald der erste Einfluss des Lichtes sich geltend zu machen beginnt, stufenweise eine gelbe, gelbgrünliche bis grüne Färbung annimmt. Auf der nächsten Entwickelungsstufe zerfällt entweder der ganze Wandbelag, oder die in bedeutenderer Dicke angehäuften Partieen desselben, indem er sich von dem Innenraum der Zelle her nach der Zellhaut hin einschnürt (Fig. X, I. *b*, II. *a*), in von der Flächenansicht (Fig. X, II. *a, cl*) vieleckig erscheinende Theile, welche,

Digitized by Google

nachdem die Einschnürung vollendet ist, sich runden und ihr charakteristisches Aussehen (Fig. X, II. *b*) erhalten.

Bei dem zweiten Typus, der sich wohl bei allen chlorophyllbildenden Zellen mit anfänglich oder bleibend centralen Kernen (bei den Rindenzellen der Cacteen u. s. w., bei den eben durch Theilung entstandenen und ergrünenden Kapselwandzellen mancher Lebermoose, Marchantia, Fegatella, Pellia, den Haarzellen mancher Phanerogamen) beobachten lässt, entstehen die Chlorophyllkörner, innerhalb des den Kern umgebenden körnigen Protoplasmas als kleine, farblose, erst nach ihrer Ausscheidung ergrünende Klümpchen (Fig. XI.), welche entweder längere Zeit um den Kern gelagert bleiben, oder schon früh mit den gleichzeitig sich bildenden Protoplasmaströmchen nach der Zellwand und mit jenem durch das Innere des Zellraumes geführt werden.

Diejenige Entstehungsweise des Chlorophylls, welche von Jul. Sachs und A. Gris in den ergrünenden Cotyledonen der keimenden Zwiebel beobachtet wurde, bildet gleichsam den Uebergang zwischen den beiden genannten Typen, indem nach der Entstehung der Binnenströmchen des Protoplasmas dieses letztere, indem es zugleich eine gelbliche Färbung annimmt, theilweise von dem Kerne weg und nach der Zellwand geführt wird, wo es in ähnlicher Weise zerfällt, wie es oben geschildert wurde (Fig. XII, *a*, *b*, *c*).

Entstehung der Stärke im Chlorophyll. — Die Entstehung der Stärkekörner innerhalb des Chlorophylls entzieht sich in den ersten Stadien der Beobachtung. Das, was sich mit Sicherheit beobachten lässt, ist Folgendes: In den fertigen Chlorophyllkörnern treten innerhalb der vorher anscheinend homogenen Chlorophyllmasse eines oder mehrere Körnchen auf (Fig. XIII, I. bis III. *a*), welche nach und nach an Grösse zunehmen (Fig. XIII, I. bis III. *b*, *c*, *d*) und das Chlorophyllkorn mehr und mehr ausdehnen, so dass die umhüllende grüne Schicht immer dünner wird, bis sie zuletzt ganz verschwindet, und die jungen Stärkekörner frei zu Tage treten. Wo die Chlorophyllkörner mehrere Stärkekörner enthalten, da platten sich letztere in Folge ihrer Grössenzunahme an den sich berührenden Seiten häufig ab, so dass sie hier polyëdrische Flächen erhalten (Fig. XIII, III. *d*), während dem freien Theile der Oberfläche die sphärische Form bleibt.

Dass auch hier die Anfertigung höchst feiner Schnitte, sowie die Anwendung starker Vergrösserungen nothwendig wird, braucht wohl kaum bemerkt zu werden. Häufig wird es gut sein, wenn man die zu untersuchenden Präparate mit Alkohol oder Aether behandelt, um den Farbstoff, welcher die Beobachtung stört, erst auszuziehen. Ebenso wird man, um sich von der chemischen Beschaffenheit der Einschlüsse mit Sicherheit zu überzeugen, die oben geschilderte Reactionsmethode anwenden müssen.

H. v. Mohl: Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls. Dissertation vom Jahre 1837. Vermischte Schriften. 1846.

Digitized by Google

Th. Hartig: Das Leben der Pflanzenzelle. 1844.
Nägeli: Bläschenförmige Gebilde im Innern der Pflanzenzelle. Schleiden und Nägeli, Zeitschrift u. s. w. Heft 3 und 4. 1846.
Göppert und Cohn: Ueber die Rotation u. s. w. Bot. Zeitung. 1849.
Mulder: Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie.
Nägeli: Systematische Uebersicht der Erscheinungen im Pflanzenreiche. 1853 und pflanzenphysiologische Untersuchungen von Nägeli und Cramer. Heft 2.
H. v. Mohl: Ueber den Bau des Chlorophylls. Bot. Zeitung. 1855.
Th. Hartig: Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes. 1858.
v. Böhm: Beiträge zur näheren Kenntniss des Chlorophylls. Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften. 1857.
A. Gris: Recherches microscopiques sur la Chlorophyll. Ann. des sciences nat. 1857.
Maschke: Ueber einige Metamorphosen in der reifenden Frucht von Solanum nigrum. II. Bot. Zeitung. 1859.
J. Sachs: Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Bildung des Amylums in den Chlorophyllkörnern. Bot. Zeitung. 1862.
Derselbe: In der Flora von 1862 und 1863: Uebersicht der Ergebnisse der neueren Untersuchungen über das Chlorophyll.
Derselbe: Ueber die Stoffe, welche das Material zum Aufbau der Zellhäute liefern. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. III, Heft 2. 1862.
v. Böhm: Die physiologischen Bedingungen zur Entstehung des Chlorophylls. Separatabdruck aus den Sitzungsberichten der Kais. Akademie. Wien 1865.
Siehe ferner die mehrfach citirten Lehrbücher von Meyen, Schleiden, H. v. Mohl, Unger und Schacht.

Farbstoffe.

Formverhältnisse der Farbstoffe. — Die Farbstoffe kommen als sichtbarer Zellinhalt entweder gelöst in dem Zellsafte vor, oder sie sind gleich dem Chlorophyll, an körnige, protoplasmatische Bildungen gebunden. Niemals habe ich bei der sorgfältigsten und vielfachsten Beobachtung Farbebläschen gefunden, welche den Farbstoff als Inhalt führten.

In Bezug auf dieses morphologische Verhalten lassen sich nach meinen eigenen Beobachtungen, die neuerdings durch die Untersuchungen von Hildebrandt (Pringsheim's Jahrbücher, Bd. III, Heft 1) bestätigt worden sind, folgende Verhältnisse feststellen.

Die rein blauen, violetten und rothen Farbstoffe sind in der Regel in Form von Lösungen vorhanden; dagegen erscheinen die gelben, orangegelben und gelbrothen Farben, soweit die letzteren nicht Mischfarben aus Gelb und Roth sind, die in verschiedenen übereinander gelagerten Farbstoff führenden Zellenlagen oder in derselben Zellschicht vorkommen können, und wo die letztere Farbe dem Zellsaft, die erstere kleineren oder grösseren Körnern angehört, an körnige Bildungen gebunden.

Vertheilung und chemische Beschaffenheit der Farbstoffe. — In Bezug auf die Vertheilung der Farbstoffe in den betreffenden Geweben, welche durch Quer- und Längsschnitte zu ermitteln ist, hat man darauf zu achten, ob alle oder nur einzelne und, wenn letzteres der Fall ist, welche Zellschichten dieselben enthalten.

Die chemische Beschaffenheit sowie die Entwickelungsgeschichte der Farbstoffe ist noch nicht genügend festgestellt und bedarf die Ansicht

Digitized by Google

Wigand's, als ob die blauen und rothen Farbstoffe (Anthocyan) ihre Entstehung dem Gerbstoffe, die gelben (Anthoxantin) aber dem Chlorophyll verdanken, noch erst der Bestätigung, die sich namentlich im Verfolge der Blüthen- und Fruchtentwickelung entsprechender Pflanzen erzielen lässt.

H. v. Mohl: Untersuchungen über die winterliche Färbung der Blätter. Dissertation vom Jahre 1837. Vermischte Schriften. 1846.

Hildebrandt: Anatomische Untersuchungen über die Farben der Blüthen. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. III, Heft 1. 1861.

Wigand: Einige Sätze über die physiologische Bedeutung des Gerbstoffes und der Pflanzenfarben. Botanische Zeitung. 1862, Nro. 16.

Nägeli: Farbstoffkrystalloide bei den Pflanzen. Bot. Mittheilungen. München 1862.

A. Weiss: Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte des Farbstoffes in Pflanzenzellen. Sitzungsberichte der Kais. Akademie. Separatabdruck. Wien 1864.

Krystalle.

Zusammensetzung und Vorkommen. — Die als Zellinhalt erscheinenden Krystalle bilden Erd- und, wenn nicht in allen, doch in den meisten Fällen Kalksalze, deren Säure in der Regel eine organische, wohl am häufigsten Oxalsäure ist, während bei bestimmten Pflanzen eine andere organische Säure, z. B. Weinsäure, Citronensäure, nicht gänzlich ausgeschlossen sein dürfte. Krystallisirte Salze mit unorganischen Säuren kommen im Pflanzenreiche allem Anscheine nach gar nicht vor, obgleich einzelne Beobachter auch hie und da kohlensauren und schwefelsauren Kalk gefunden haben wollen (Meyen, Schleiden, Harting, v. Berg, Flückiger).

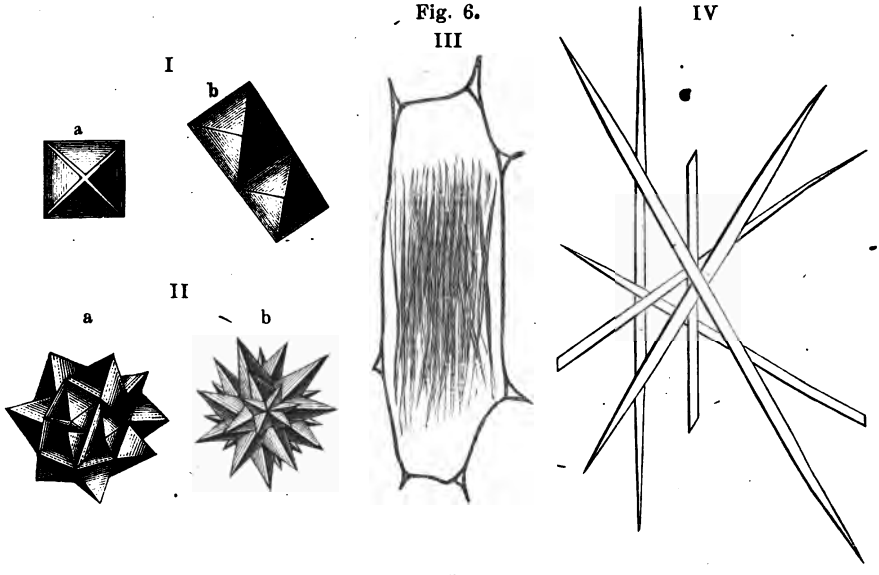
Bis jetzt sind Krystalle nur in parenchymatischen Geweben beobachtet worden und es fehlen dieselben vielleicht nur in wenigen Pflanzen, obwohl manche Familien sich namentlich reich an ihnen erweisen, wie z. B. die Lilien, Scitamineen, Aroideen, Cacteen, Begoniaceen, Chenopodeen, Moreen, Asclepiadeen und Apocyneen etc. Bald erscheinen dieselben einzeln oder als Zwillingsgestalten, vereinzelt, sowie zu mehreren in einer Zelle (Allium, Musa, Aesculus, Rubinia, Citrus u. s. w. Fig. 4, I.), bald bilden sie grössere oder kleinere Krystallgruppen, Drusen (Hoya Urostigma, Chenopodium, Begonia etc.) (Fig. 4, II. *a* u. *b*). Die sogenannten Raphiden (Fig. 4, III. u. IV.) sind nadelförmige Krystalle, welche sich meistens in ziemlich grosser Menge lose in einer Zelle vereinigt finden.

Krystallformen. — Die genaue Bestimmung der einzelnen in den mannigfachsten Combinationen auftretenden Krystallgestalten bietet oft grosse Schwierigkeiten, da sich die Kanten- und Flächenwinkel, welche der Messung zugänglich sind oder derselben durch Drehung des Krystalles zugänglich gemacht werden, und aus denen die übrigen zur Construction der Krystallgestalt nothwendigen unbekannten Elemente durch trigonometrische Rechnung gefunden werden können, bei ihrer Kleinheit nur selten genau bestimmen lassen. Wo die Objecte gross genug sind, da bedarf

Digitized by Google

es zu dieser Bestimmung indessen keineswegs des theuren Goniometers, sondern es liefert die genaue Nachzeichnung mittelst der Camera lucida

Fig. 6.



Verschiedenes Vorkommen von Krystallen. I. Aus dem Blatt von Begonia heracleifolia. *a* ein einzelnes Quadratoctaëder, *b* ein Zwillingskrystall derselben Form. Vergr. 1 : 660. II. Krystalldrüsen; *a* aus dem Blatte der obigen Pflanze (Quadratoctaëder). *b* aus dem Stengel von Urostigma elasticum (Gummibaum). Vergr. 1 : 660. III. Eine Zelle mit Raphiden aus dem Stengel von Aloe retusa. Vergr. 1 : 320. IV. Einzelne Raphiden aus dem Stengel von Tradescantia viridis. Vergr. 1 : 500.

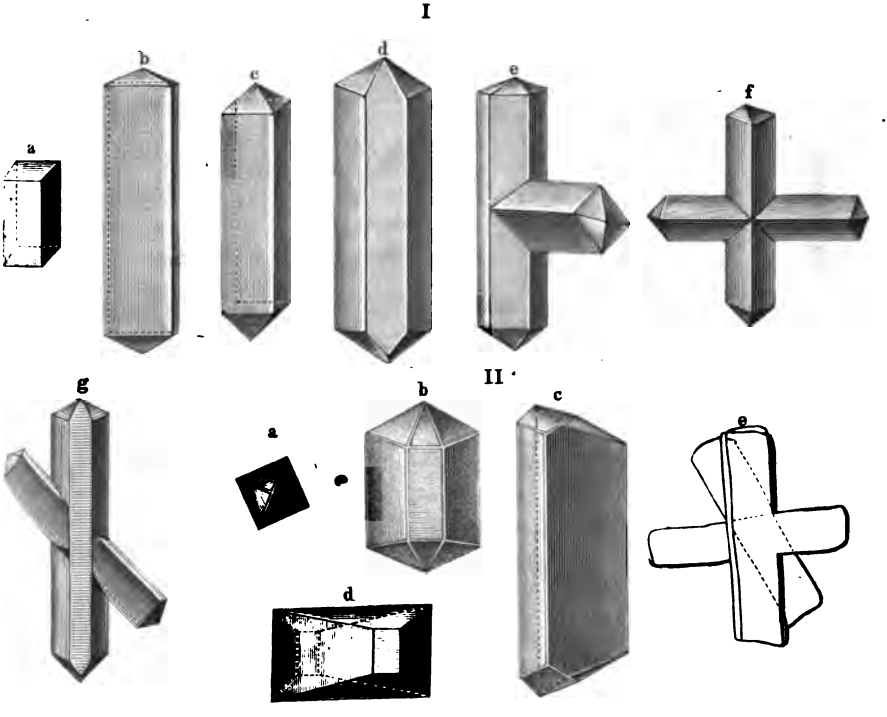
und die nach entsprechender Verlängerung der Schenkel vorgenommene Winkelmessung mit einem guten und fein ($^1/_3{}^0$) getheilten Transporteur an Genauigkeit gleiche Resultate. Als leichter ausführbar und genauere Resultate versprechend erscheint die neuerdings von Zenger vorgeschlagene Methode (siehe Literatur), wonach die senkrecht zur optischen Achse gestellten Diagonalen- oder Kantenlängen mittelst einer der mikrometrischen Methoden gemessen, und deraus die Grössen der Winkel trigonometrisch berechnet werden.

Die meisten der bis jetzt beobachteten Krystalle lassen sich in den beiden Krystallsystemen unterbringen, in denen der oxalsaure Kalk auch sonst auftritt, und deren Grundgestalten die quadratische (quadratisches System) und schief rhombische (monoklinisches oder schief rhombisches System) Säule bilden, wofür eine hinreichende Vertrautheit mit den betreffenden Gestalten in den meisten vorkommenden Fällen die nöthigen Anhalte gewähren dürfte, ohne dass man gerade zu den oben genannten Mitteln zu greifen brauchte, die jedoch überall da zur Anwendung kommen müssen, wo der geringste Zweifel waltet und sie eine ausreichende Sicherheit erwarten lassen.

Digitized by Google

Im ersteren Falle, wo wir es dann mit sechsfach gewässertem oxalsaurem Kalk zu thun haben, treten quadratische Säulen und Tafeln,

Fig. 7.



Krystallformen des quadratischen Systems. I. Aus dem Blatte von Allium cepa; *a* quadratische Säule, *b* plattenförmige Säule mit Octaëdercombination, *c* Combination von quadratischer Säule und quadratischem Octaëder, *d* Ableitungsform aus einer Combination voriger Art durch Abstumpfung zweier diagonalen Seitenkanten entstanden, *e*, *f* und *g* Zwillingskrystalle. II. Aus dem Stengel von Tradescantia viridis; *a* Quadratoctaëder, *b* quadratische Säule mit abgestumpften Seitenkanten und aufgesetztem Octaëder, dessen Gipfelkanten ebenfalls abgestumpft sind, *c* eigenthümliche, sehr seltene Ableitungsform einer Säulen-Octaëdercombination, entstanden durch abnorme Vergrösserung zweier zusammenstossender Flächen *), *d* nur vereinzelt erscheinende hemiëdrische Ableitungsform, aus der quadratischen Säule entstanden durch Abstumpfung von 2 Paar Endecken mittelst Sphenoidflächen und folgende Abstumpfung je zweier diagonaler Seitenkanten. *e* Zwillingskrystall. Vergr. 1 : 1200.

quadratische Octaëder oder verschiedene Combinationen von Säulen und Octaëdern auf (Fig. 7).

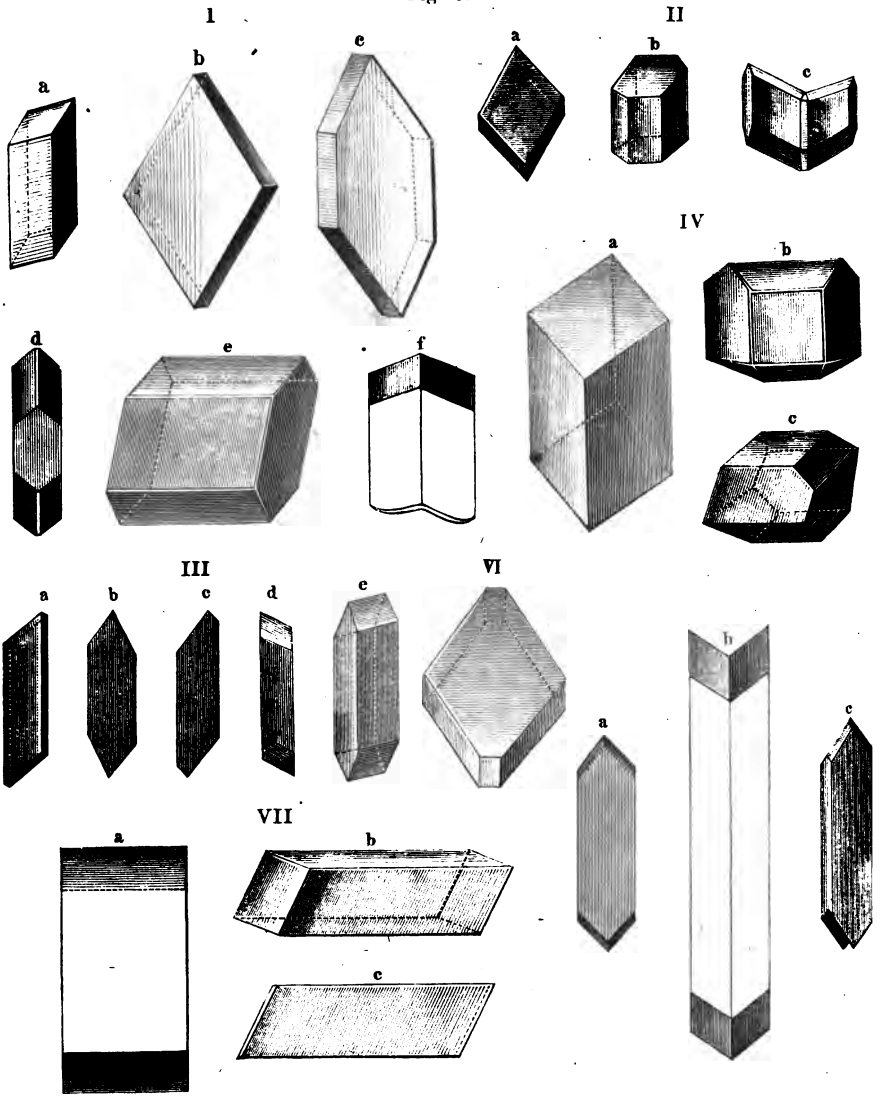
Im anderen Falle, wo die Krystalle aus zweifach gewässertem oxalsaurem Kalk bestehen, finden sich entweder die reine Grundgestalt,

*) Möglicherweise ist diese Form auch eine hemiëdrische Combination des Quadratoctaëders. Neuerlichst begegnete ich derselben bei den Zwiebelschuppen von Allium cepa häufiger, konnte sie aber noch nicht näher untersuchen.

Digitized by Google

d. h. die schiefe rhombische Säule (Hendyoëder, Fig. 8, I. und IV. *a*), oder von ihr abgeleitete, meist durch Abstumpfung der diagonal einander gegenüberliegenden Seiten- oder Randkanten oder beider zugleich u. s. w.

Fig. 8.



Krystallformen des monoklinischen oder schiefrhombischen Systemes. I. *a* bis *f* aus dem Bastparenchym von Aesculus hippocastanum. *a* schief rhombische Säule auf einer Seitenfläche liegend, *b* dieselbe durch Verkürzung der Hauptachse zur Tafel geworden auf einer Endfläche liegend, *c* wie *b* mit Abstumpfung der beiden stumpfen (orthodiagonalen) Seitenkanten, *d* Ableitungsform der schief rhombischen Tafel, entstanden durch Abstum-

Digitized by Google

entstandene Gestalten (Fig. 8, I. bis IV. *b* u. *f*, VI., V. *a*, VII. *a* bis *c*), wobei nicht selten Zwillinge (Hemitropieen auftreten (Fig. 8, I. *f*, II. *c*, V. *b* u. *c*).

Mikrochemische Analyse. — Nicht minder grosse Schwierigkeiten als der krystallonomischen Bestimmung stehen der mikrochemischen Analyse entgegen, für welche es zur Zeit noch mannigfach an den geeigneten Reagentien fehlt.

Die einzigen chemischen Reactionen, welche sich bis jetzt mikrochemisch verwerthen lassen, bestehen in Folgendem. Löslichkeit in grösserer Menge kalten oder in geringerer Menge heissen Wasser würde Gyps anzeigen, die unter Aufbrausen erfolgende Lösung in Essigsäure kohlensauren Kalk erkennen lassen, während das Fehlen der letzteren Reaction neben der Lösung ohne Gasentwickelung in Salpeter- und Salzsäure auf oxalsauren Kalk hinführt. Diese Reactionen werden namentlich da von Wichtigkeit, wo man nach den beobachteten Krystallgestalten, die entweder als zu dem schiefrhombischen System gehörig erkannt, oder für Rhomboëder gehalten werden, in der That aber schief rhombische Tafeln sind, statt auf oxalsauren, auf schwefel- oder kohlensauren Kalk zu schliessen sich veranlasst sehen könnte. Unterstützt werden die hierbei gewonnenen Resultate noch dadurch, dass man nach dem in der auf Seite 342 des ersten Bandes beschriebenen Weise vorgenommenen Glühen der betreffenden Krystalle auf Zusatz von Essigsäure Auflösung mit Gasent-

pfung der beiden stumpfen Seiten- und der scharfen Randkanten bis zur Mitte der Seitenflächen und Ersatz der ersteren durch die Hemi-Pyramidenflächen, auf der ersteren Abstumpfungsfläche liegend, *e* Ableitungsform der Grundgestalt durch Abstumpfung der stumpfen Seitenkanten, auf einer der letzteren Abstumpfungsflächen liegend, *f* Zwilling, und zwar eine sogenannte Hemitropie der Form *c*. — II. *a* bis *e* aus dem Marke von Periploca graeca erhaltene, den Formen unter I. *a* und *e* entsprechende Gestalten, *c* Zwillinge. — III. *a* bis *e* aus dem Parenchym in der Nähe der Gefässbündel von Musa sinensis; *a* schief rhombische Säule durch stärkere Ausdehnung zweier gegenüberstehenden Seitenflächen plattenförmig geworden, *b* schief rhombische Tafel mit abgestumpften orthodiagonalen Kanten; *c* Ableitungsform aus *a*, entstanden durch Abstumpfung zweier scharfen, diagonal gegenüberliegenden Randkanten, *d* und *e* schiefrhombische Tafeln, Ableitungsform wie in *b*, die erstere auf einer Abstumpfungsfläche liegend, die letztere etwas gewendet und daher perspectivisch. — IV. *a* bis *c* aus der Gefässbündelscheide des Fiederstieles von Cycas revoluta; *a* ausgebildete schief rhombische Säule in der Zelle auf einer der scharfen Seitenkanten liegend, *b* seltene Ableitungsform aus der ersteren, entstanden durch Abstumpfung der scharfen (klinodiagonalen) Seitenkanten und der spitzen Endecken; der untere Theil unvollständig ausgebildet, *c* desgleichen entstanden durch die Abstumpfung der zwei an beiden Endflächen sich diagonal gegenüberliegenden scharfen Randkanten; auf einer Seitenfläche der Säule liegend. — V. Krystalle aus der Guajakrinde; *a* Ableitungsform wie I. *c*, welche leicht mit den, durch auf den ursprünglichen Endflächen liegende Zwillinge von der Gestalt bei *b* erzeugten Formen *c* verwechselt werden können, wenn man bei diesen nicht die beiden Spitzen erkennen kann. — VI. Tafelförmige Säule aus Citrus Aurantium mit Abstumpfung der scharfen klinodiagonalen Seitenkanten. — VII. Schiefe rectanguläre Säulen aus einer brasilianischen Bignonia, entstanden durch Abstumpfung der ortho- und klinodiagonalen Seitenkanten der Grundgestalt. *a* auf der Grundfläche liegend, senkrecht von oben gesehen; *b* in gleicher Lage etwas zur Seite gedreht, daher perspectivisch; *c* auf der Abstumpfungsfläche der stumpfen Seitenkante liegend. Vergrösserung I. bis IV. 1 : 1200; V. 1 : 500; VI. und VII. 1 : 670.

Digitized by Google

wickelung beobachtet, was unzweifelhaft die vorherige Gegenwart von Oxalsäure anzeigt. Sollte man auf mikrochemischem Wege nicht zu dem gewünschten Ziele gelangen, so empfiehlt sich, wenn es nicht an der erforderlichen Menge des Materials gebricht, die makrochemische Untersuchung, mit der wir uns hier nicht zu befassen haben.

Weiteren Aufschluss darüber, ob diese Inhaltselemente, soweit sie sich nicht sicher krystallographisch bestimmen lassen, dem quadratischen oder schiefrhombischen Krystallsysteme angehören, dürfte deren Untersuchung im polarisirten Lichte gewähren, und hoffe ich in einem folgenden Abschnitte einige Beiträge zu dieser Untersuchungsweise liefern zu können.

Zur Beobachtung des Vorkommens der Krystalle in den verschiedenen parenchymatischen Geweben der Pflanzen, wobei besonders darauf zu achten ist, ob nur Formen eines oder ob solche der beiden genannten Krystallsysteme in ein und derselben Pflanze (Tradescantia, Commelina, einzelnen Orchideen u. s. w.) und in welcher auf die verschiedenen Gewebe bezüglichen Vertheilung sie auftreten, hat man für den Stengel Quer- und Längsschnitte, für das Blatt Quer- und Flächenschnitte zu fertigen. Für die krystallonomische und mikrochemische Untersuchung benutzt man am besten isolirte Krystalle, welche leicht durch Schaben der betreffenden Pflanzentheile unter Wasser und mehrmaliges Absetzenlassen der so erhaltenen Masse in nicht zu engen Reagenscylindern hinreichend rein erhalten werden.

Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. I, 1837.

Bailay: In American Journal of science and arts. Vol. 48, pag. 17.

Unger: Ueber Krystallbildungen in den Pflanzenzellen. Annalen des Wiener Museums. Bd. I, 1844. Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1855.

C. Schmidt: Entwurf einer allgemeinen Untersuchungsmethode der Säfte und Excrete des thierischen Organismus. Leipzig 1846.

Sanio: Monatsberichte der preussischen Akademie der Wissenschaften. 1857. Januar Seite 53 und April Seite 253.

v. Berg: Archiv der Pharmacie 1859. 2. Reihe, Bd. IXC, Heft 1, und Bot. Zeit. 1861. Seite 140.

Zenger: Mikroskopische Messungen der Krystallgestalten einiger Metalle. Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie, Bd. 44, Abtheil. 2, Heft III., Seite 297.

Flückiger: Schweizerische Wochenschrift für Pharmacie. Bd. I, Heft 1, 1862.

Gg. Holzner: Ueber die Krystalle in den Pflanzenzellen. Flora 1864. Nro. 18, 19 und 35.

II. Entstehung der Pflanzenzelle.

Die Pflanzenzelle entsteht immer nur innerhalb einer anderen Zelle, welche den Namen „Mutterzelle“ erhält. Je nach der Betheiligung der Zellhaut (des Primordialschlauches) und des Inhaltes der Mutterzelle bei der Zellenbildung unterscheidet man freie Zellenbildung und Zellenbildung durch Theilung.

Digitized by Google

Bei der ersteren ist die Zellhaut nicht unmittelbar betheiligt, dagegen der Inhalt mehr activ, bei der anderen nimmt jene entschiedenen Antheil an der Entstehung der Tochterzellen, während der letztere in gewissem Sinne passiv erscheint.

1. Freie Zellenbildung.

Verbreitung und Arten der freien Zellenbildung. — Die freie Zellenbildung tritt überall da auf, wo sich die erste Zelle eines entstehenden Organismus entwickelt. Sie gibt allen Zellen ihr Dasein, welche bei der geschlechtlichen Fortpflanzung der Kryptogamen und Phanerogamen, sowie bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung der Algen und Pilze (durch sogenannte Schwärmsporen) thätig sind. Man kann dieselben daher bei der Entstehung sämmtlicher Keimzellen der Kryptogamen und Phanerogamen, der Schwärmsporen der Algen und Pilze, der Schwärmfadenzellen und Sporenzellen der höheren Kryptogamen, der Pollenzellen der Phanerogamen verfolgen. Im Embryosacke der letzteren erscheinen sie ebenfalls als Grundlage des Endosperms, jedoch nur in bestimmten Familien, wozu die Liliaceen, Irideen, Primulaceen, Violaceen, Onagrarieen *), Compositen, Dipsaceen u. a. gehören.

Es lassen sich zwei wesentlich verschiedene Modificationen der freien Zellenbildung unterscheiden, indem entweder im Innern der Mutterzelle eine oder mehrere freie Zellen entstehen, während der nicht verbrauchte Inhalt, sowie das ganze Leben der ersteren vorerst nicht gestört werden, oder indem eine oder mehrere Tochterzellen den ganzen Inhalt der Mutterzelle verbrauchen, deren eigenthümliches Leben dann erlischt, während ihre Zellstoffhülle noch längere Zeit als schützende Hülle der Tochterzellen fortbesteht und erst später aufgelöst wird.

Erste Art der freien Zellenbildung.

Zellenbildung im Embryosacke. — Die erstere Modification tritt nur in dem Embryosacke der Phanerogamen auf und lässt sich daselbst der Vorgang am leichtesten und vollständigsten verfolgen. Als die geeignetsten Pflanzen zu deren Studium möchten sich die Liliaceen empfehlen, weil bei ihnen die eben befruchtete Samenknospe schon eine solche Grösse erreicht hat, dass sie sich leicht zur Beobachtung herrichten lässt. Man nimmt am besten eine nicht zu zarte Mittellamelle

*) In meiner Zellenbildung (Leipzig 1858), ebenso in meiner populären Botanik (Essen 1858 und 1861) hat sich in Folge einer falschen Bezeichnung der betreffenden Originalzeichnungen ein Fehler eingeschlichen, auf den ich erst später bei erneuten Untersuchungen aufmerksam wurde. Die Figuren 18 bis 26 der Tafel I. gehören nämlich nicht Pedicularis palustris, sondern Epilobium roseum an.

Digitized by Google

aus der letzteren, so dass der Embryosack nach oben und unten unverletzt bleibt, und sucht für den Fall, dass das Präparat nicht eine vollständig klare Anschauung gewährt, denselben unter dem einfachen Mikroskop von den Knospenintegumenten zu befreien. Als Untersuchungsflüssigkeit darf man nicht Wasser anwenden, weil dasselbe auf die jugendlichen Entwickelungszustände störend einwirkt. Eine schwache Gummilösung (1 Thl. Gummi auf 100 Thle. Wasser), das Jodserum, oder eine Mischung von Eiweiss und Wasser (s. Bd. I., S. 271) thut dagegen sehr gute Dienste.

In dem Protoplasma, welches einen mehr oder minder starken Wandbelag des Embryosackes bildet, trifft man in der Regel alle möglichen Entwickelungszustände der werdenden Zellen an (Fig. XIV.).

Das Entstehen des Zellkernes selbst lässt sich nicht mit voller Sicherheit beobachten, obwohl man hier und da kleinen Kernen ähnliche stark lichtbrechende Körperchen sieht, welche von einer höchst feinkörnigen Protoplasmamasse umgeben sind. Dagegen trifft man immer schon ausgebildete kleinere und grössere freie Zellenkerne, die das Kernkörperchen und ein deutliches Häutchen erkennen lassen (Fig. XIV, *k*; *k*).

Um einzelne dieser letzteren sieht man dichtere Protoplasmamassen angehäuft, die einer scharfen Umgrenzung noch ermangeln, während bei anderen die zarte Membran der jungen Zelle schon deutlich hervortritt, obwohl sie äusserst zart gezeichnet erscheint (Fig. XIV. *a*, *a*). Weiter fortgeschrittene Entwickelungszustände zeichnen sich dadurch aus, dass sie bei einem grösseren Umfange das Protoplasma vorzugsweise in der Nähe des Kernes und als Wandbelag der jungen Membran geordnet erkennen lassen, während der übrige Raum der Zelle von nur einer oder seltener auch von mehreren, mit Zellsaft erfüllten Vaccuolen eingenommen wird (Fig. XIV. *b*). Andere der freien Zellen endlich, in denen dann auch immer die Binnenströmchen des Protoplasma wahrnehmbar sind, haben bereits eine doppelte Contour erhalten und über ihrer Membran die primäre Zellstoffhülle abgeschieden (Fig. XIV. *c* u. *d*).

Wendet man auf derartige Präparate ein endosmotisches Reagens, etwa schwache Zuckerlösung an, so ziehen sich die nur von der ursprünglichen Membran umkleideten Zellen im Ganzen zusammen, während bei den mit der Zellstoffhülle versehenen sich Inhalt und Zellhaut von ersterer zurückziehen und sie als doppelt umschriebenes Säckchen erkennen lassen. Schwache Jodlösung wirkt ähnlich, färbt aber den stickstoffhaltigen Inhalt und die ursprüngliche Membran hochgelb. Chlorzinkjodlösung wirkt auf die ganz jungen Zellen etwas heftig ein, gibt aber bei der Zellstoffhülle Reaction auf Zellstoff.

Zweite Art der freien Zellenbildung.

Bei der zweiten Modification der freien Zellenbildung entstehen in je einer Mutterzelle nur eine einzige oder mehrere Tochterzellen.

Digitized by Google

Ersteres findet statt bei der Bildung der Keimzellen der höheren Kryptogamen in der Centralzelle des Bauchtheiles der Archegonien, ferner bei der Entstehung der ruhenden Sporen mancher Algen, z. B. der Oedogonien, Bulbochaeten, Spirogyren, der Vierlingssporen in den sporenbildenden Zellen der Moose, Farren, Equiseten, endlich bei der Entstehung der Schwärmfadenzellchen der höheren Kryptogamen und des Pollenkornes in den pollenbildenden Zellen der Phanerogamen.

Entstehung der Keimzelle der Moose u. s. w. — Am besten geeignet zum Studium der ersteren Zellenbildungsweise ist die Entstehung der Keimzelle der Moose und Farrenkräuter, bei denen man die einzelnen Entwickelungsstufen am vollständigsten zu verfolgen im Stande ist. Im Allgemeinen dürften sich unter diesen Pflanzen wiederum die Lebermoose am meisten empfehlen, weil der Bauchtheil des Archegoniums nur von einer einzigen Zellenlage gebildet wird, so dass man nicht selten ohne alle weitere Präparation, als einen geeigneten Schnitt durch den Fruchtstand schon ganz passende Präparate erhält.

Als Beispiel der Entwickelungsgeschichte wähle ich die überall anzutreffende Marchantia. Dieselbe blüht vom Mai an während der folgenden Monate Juni und Juli, und es sind die blühenden Exemplare leicht an ihren deutlich hervortretenden pilzartigen Fruchtköpfchen und Antheridienscheibchen zu erkennen.

Nimmt man aus dem jungen, eben sich über das Laub erhebenden gestrahlten Fruchtknopf des genannten Lebermooses eine nicht zu dünne Mittellamelle, so trifft man in derselben in der Regel eine Reihe verschiedener Entwickelungszustände der Archegonien, von denen im glücklichen Falle einzelne derart von dem Schnitte getroffen wurden, dass die Centralzelle des Bauchtheiles blossgelegt erscheint und einen ganz vortrefflichen Einblick in die Entwickelung der Keimzelle gestattet. In dem am Bauchtheile etwas angeschwollenen Archegonium findet man die Centralzelle bald mit einem kleineren Zellenkerne, bald ohne einen solchen, bald mit einem grösseren, in Form eines helleren Bläschens erscheinenden Zellenkerne, welcher sich nach dem Untergange des älteren, kleineren der Centralzelle frei in und aus deren Inhalt gebildet hat. Der erste Anfang der Tochterzellenbildung bekundet sich durch eine stärkere, in der Nähe dieses Kernes stattfindende Ansammlung des körnigen Protoplasmas, die gegen den übrigen Inhalt der Mutterzelle scharf umgrenzt erscheint (Fig. XV. *a*). Während nun die Mutterzelle sich noch immer vergrössert und den Bauchtheil des Archegoniums ausdehnt, wächst auch die junge Keimzelle, die nur von der ursprünglichen Membran (dem Primordialschlauche) umkleidet ist, ziemlich rasch an, so dass sie nach und nach einen immer grösseren Theil der Mutterzelle einnimmt und diese endlich ganz ausfüllt, während ihr Inhalt vollständig von der ersteren verbraucht wird (Fig. XV. *b* bis *d*). Bleibt das Archegonium unbefruchtet, so wird die Keimzelle in der Art verändert, dass sich ihr Inhalt nach und nach braun färbt und

Digitized by Google

die Membran verschwindet, wonach in der Centralzelle nur ein mehr oder minder kugliger Klumpen einer braunkörnigen Masse zurückbleibt.

Tritt dagegen Befruchtung ein, was man schon an der Resorption des nach dem Halstheile des Archegoniums gewendeten Theile der Mutterzellhülle erkennt, so umkleidet sich die Keimzelle, während in deren Inhalt die Bildung grösserer Vaccuolen und die Entstehung feiner zwischen dem Kerne und dem protoplasmatischen Wandbelage verlaufender Binnenströmchen stattfindet, mit einer doppelt umschriebenen Zellstoffhülle (Fig. XV. *e*). Die in der Keimzelle nun weiter fortgehenden Entwickelungsprocesse gehören der Fruchtbildung an und haben uns erst dort zu beschäftigen.

Entstehung der Vierlingssporen und Pollenkörner. — Die Entstehung der Vierlingssporen der höheren Kryptogamen, sowie der Pollenkörner der Phanerogamen lässt sich nicht in ihrem ganzen Umfange verfolgen. Es erscheint indessen der Vorgang insoweit von dem vorhergehenden verschieden, als dabei die Zellhaut, d. h. die ursprüngliche Membran, sich um den ganzen Inhalt der Mutterzelle bildet. Es ist mir wenigstens niemals gelungen, in dem Inhalte der pollenbildenden Zellen kleinere Tochterzellen aufzufinden. Dass aber aus dem Inhalte jener sich freie Zellen bilden, dass die Pollenkörner also nicht durch Theilung entstanden und ihre Zellstoffhüllen nicht etwa die jüngsten Schichten der sogenannten Specialmutterzellen vorstellen, wie manche Autoren (Schacht u. A.) wollen, beweist der Umstand, dass auf einer gewissen Altersstufe die ursprüngliche Membran (der Primordialschlauch) der Mutterzelle verschwunden und später deren Inhalt von einer solchen umkleidet ist, welche mit der Zellstoffhülle nicht in unmittelbarer Berührung steht. Auf dieser Entwickelungsstufe treten die jungen Pollenzellen dann auch in Folge von Druck u. s. w. aus der gesprengten Mutterzelle hervor und erscheinen von einer scharf contourirten stickstoffhaltigen Membran umgrenzt, welche sich auf Anwendung von Zuckerwasser, Jod und dergleichen zusammenzieht (Fig. I, I.).

Um diese Membran der Tochterzelle lagert sich dann die junge primäre Zellstoffhülle des Pollenkornes ab (Fig. II. I), welche, wie oben berührt, von manchen Forschern, die sich mit der Zellenbildung beschäftigt haben — denn die Ansicht solcher, welche sich mit den betreffenden Untersuchungen nicht selbst eingehender befassten, kann nirgend maassgebend sein — als eine Verdickungsschicht der Pollenmutterzelle aufgefasst wird, was offenbar auf einer irrthümlichen Auffassung der Entwickelungsgeschichte beruht.

In gleicher Weise, d. h. so, dass sich die Membran um den ganzen Inhalt der Mutterzelle bildet, geht die Entstehung der Vierlingssporen der höheren Kryptogamen in den Mutterzellen, d. h. in den sporenbildenden Zellen vor sich und erfolgt die Bildung der ruhenden und

Digitized by Google

Schwärmsporen der Oedogonien, Bulbochaeten, Vaucherien und anderer Fadenalgen.

In Bezug auf die Entstehung derjenigen Ruhesporen der Algen (Spirogyren, Zygnemen, Desmidieen, Diatomeen), wobei sich die Inhaltsportionen zweier Zellen zur Bildung einer Tochterzelle vereinigen, verweise ich auf den späteren Abschnitt über die Entwickelung der Fruchtorgane.

Entstehung der ruhenden Sporen der Pilze und Flechten, der Schwärmsporen von Pilzen und Algen. — Als mehrere freie Tochterzellen, welche den Gesammtinhalt der Mutterzelle zu ihrer Entwickelung verbrauchen, entstehen in den Sporangien mancher Pilze (Tuber, Peziza, Sphaeria, Saprolegnia etc.) und der Flechten die ruhenden Sporen dieser Gewächse. Ebenso gehört hierher die Schwärmsporenbildung mancher Fadenalgen (Ulothrix) und Pilze (Peronospora, Saprolegnia).

Bei der Entwickelung erstgenannter Zellenart entstehen nach dem Untergange des Kernes der Mutterzelle zunächst so viele Zellenkerne, als sich Tochterzellen entwickeln werden (Fig. XVI. *b*). Um diese sammeln sich dichtere Mengen des Protoplasmas (Fig. XVI. *c* bis *f*), die sich mit der ursprünglichen Membran umkleiden und über dieser ihre Zellstoffhülle ablagern (Fig. XVI. *g*). Bei den Ruhesporen der Pilze ist nach neueren Beobachtungen zur Entstehung der Zellstoffhülle, wie bei den Keimzellen der höheren Pflanze, eine vorgängige Befruchtung erforderlich. Es ist indessen hier noch ein weites Feld der Forschung offen und harren noch manche Pilzgattungen der näheren Erforschung der hierbei betheiligten männlichen Organe und weiteren Processe.

Bei der genannten Schwärmsporenbildung, welche von einzelnen Forschern (De Bary) in Folge ihrer Ansicht von dem Wesen der Zelle, aber sicher ohne hinreichende, auf der Entwickelungsgeschichte fussende Gründe, zu der Zellenbildung durch Theilung (ohne Scheidewandbildung!) gezählt wird, entstehen aus dem Gesammtinhalte der Mutterzelle sofort in ihrer vollen Grösse auftretende Tochterzellen in bestimmter (2 bis 16) oder unbestimmter Anzahl.

Die erste sichtbare Einleitung zu dem Zellenbildungsprocesse besteht hier (Ulothrix) in einer Veränderung des Protoplasmas, in welchem die grösseren geformten Bestandtheile (Fig. XVII, I.) verschwinden, so dass es eine mehr gleichartige feinkörnige Beschaffenheit annimmt (Fig. XVII, II. *a*). Ein zweites Stadium lässt dann eben so viele kleine Zellenkerne oder diesen ähnliche, sich als kleine glänzende Körperchen darstellende Anziehungsmittelpunkte erkennen (Fig. XVII, II. *b*), um welche sich alsbald im letzten Stadium die Zellen durch Bildung ihrer Haut consolidiren (Fig. XVII, II. *c* bis *e*).

Schleiden: Beiträge zur Phytogonesis. Müller's Archiv. 1838 und Beiträge zur Botanik.

Digitized by Google

Nägeli: Zellenbildung und Zellenwachsthum bei den Pflanzen. 4. Freie Zellenbildung. Schleiden's und Nägeli's Zeitschrift. Heft 3 und 4. 1846.

Hofmeister: Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen. Leipzig 1849.

Schacht: Die Entstehung des Pflanzenembryo. Amsterdam 1850.

Alex. Braun: Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851.

Hofmeister: Vergleichende Untersuchungen der Keimung u. s. w. der höheren Kryptogamen. Leipzig 1851.

Schacht: Die Pflanzenzelle. Berlin 1852.

Hofmeister: Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. Abhandl. d. Königl. Sächsischen Gesellschaft 1852 und 1857.

Pringsheim: Untersuchungen über Bau und Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854.

Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Berlin 1855 und 1859.

Hofmeister: Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen. Abhandl. d. Kgl. Sächs. Ges. 1859 und 1861.

Pringsheim: Zur Morphologie der Salvinia natans. Jahrbücher. Bd. III, Heft. 3. 1863.

Schacht: Die Blüthe und Befruchtung von Santalum album. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. IV, Heft 1. 1864.

J. Hanstein: Die Befruchtung und Entwickelung der Gattung Marsilea. Pringsheim's Jahrbücher. Bd. IV, Heft 2. 1865.

De Bary: Morphologie und Physiologie der Pilze u. s. w. in Hofmeister's Handbuch der physiologischen Botanik. Bd. II. Abtheil. I. 1866.

2. Zellenbildung durch Theilung.

Arten und Verbreitung der Zelltheilung. — Die Zellenbildung durch Theilung, welche sich dadurch charakterisirt, dass der Inhalt der Mutterzelle durch Einschnürung der Zellhaut in so viel Theile zerfällt, als Tochterzellen entstehen, bietet ebenfalls zwei Typen dar. Bei dem einen geht zuerst die vollständige Theilung der lebendigen Zelle, d. h. der Zellhaut und des Inhaltes vor sich, und es wird über den so entstandenen Tochterzellen die Zellstoffhülle simultan abgeschieden; bei dem anderen dagegen findet während der fortschreitenden Einschnürung der Mutterzellhaut die Abscheidung der Tochterzellhülle successiv statt.

Der erste Typus zeigt, soweit bekannt, immer nur eine Zweitheilung, während der letztere sowohl eine Zwei- als Viertheilung beobachten lässt.

Die Zweitheilung mit successiver Hüllenbildung um zwei Tochterzellen tritt am schönsten bei der Zellenbildung der Fadenalgen und den mehr zelligen Haaren der Phanerogamen auf, während die Entstehung von vier Tochterzellen bei der Bildung der Schwärmfadenmutterzellen, der Sporenmutterzellen und der Pollenmutterzellen zu verfolgen ist.

Zelltheilung mit simultaner Abscheidung der Zellhülle.

Die Zelltheilung mit simultaner Zellhüllabscheidung lässt sich namentlich bei den höheren Gewächsen in dem Parenchym des Vegetationskegels und in dem Fortbildungsgewebe, sodann bei der weiteren Ausbildung des Sameneiweisses der Phanerogamen beobachten. Die Vorgänge werden jedoch in diesen Geweben durch deren trüben Inhalt in der Regel

Digitized by Google

mehr oder minder verdeckt, so dass die Beobachtung immer ziemlich erschwert ist. Am leichtesten gelangt man bei den Holzpflanzen und namentlich bei dem weitzelligen Wurzelholze der Nadelhölzer, sowie bei der Zelltheilung im jugendlichen Sameneiweisse zum Ziele.

Zelltheilung im Fortbildungsgewebe (Cambium). — Fertigt man im Anfange des Sommers zur Zeit, wenn die Neubildung in den Wurzeln beginnt (die hier immer später auftritt, als in dem Stamme und den Aesten), zarte Querschnitte durch dies Organ der gemeinen Kiefer, so wird man den verschiedenen Stufen der Zelltheilung begegnen. Deutlicher treten die verschiedenen Entwickelungszustände hervor, wenn auf das Präparat irgend eines der endosmotischen Reagentien eingewirkt hat, und man erkennt dieselben leicht in der Reihenfolge, wie sie in der Fig. XVIII, I. dargestellt sind.

Die Theilung wird stets eingeleitet durch eine etwa in der Mitte des radialen Durchmessers auftretende Einfaltung der ursprünglichen Membran, die indessen hier oft so unbedeutend ist, dass sie bei den unverletzten Zellen nicht oder kaum erkannt wird. Die Abscheidung der cambialen (nicht aus Zellstoff bestehenden) Wandung erfolgt zugleich über die ganze ursprüngliche Membran, deren Abschnürung so rasch vor sich geht, dass es leicht den Anschein gewinnen kann, als ob die Theilung von ersterer ausginge. Die Mutterzelle wird nach Abscheidung der cambialen Hüllen rasch resorbirt und es tritt, während diese mit einander verschmelzen und zur Zwischensubstanz (Intercellularsubstanz) werden, die Ablagerung der primären Zellstoffhülle ein, der die Verdickungsschichten während der noch fortdauernden Ausdehnung rasch folgen, so dass schon die nicht gar zu weit von dem eigentlichen Bildungsheerde entfernten Zellen bald ihre volle Ausbildung erreichen (vergleiche auch die Figuren XXXIII, I. und II. nebst Erklärung).

Bei den Laubhölzern geht die Zellvermehrung ganz in derselben Weise vor sich, und es sondern sich die Gefässzellen durch eine rasch fortschreitende Ausdehnung bis zu ihrer normalen Grösse schon sehr früh von denen des übrigen Gewebes.

Zelltheilung im Sameneiweisse. — Die Zelltheilung im Sameneiweisse lässt immer als einleitendes Moment Theilung des Zellkernes beobachten, worauf dann, während die beiden Tochterkerne noch fest aneinander liegen, die Einschnürung der Zellhaut (Fig. XVIII, II. *b* u. *d*) und die Abscheidung der Zellhülle erfolgt. Hierauf erst rücken die jungen Zellkerne rasch auseinander und nehmen ihren Platz etwa in der Mitte der Tochterzellen (Fig. XVIII, II. *c*).

Zelltheilung mit succedaner Abscheidung der Zellhülle.

Zweitheilung. — Die Zweitheilung des zweiten Typus lässt sich am sichersten bei den fadenförmigen Algen studiren und kann man bei denselben das Fortschreiten in der Entwickelung der Tochterzellen unter

Digitized by Google

den Augen vor sich gehen sehen, wenn man dafür Sorge trägt, dass das Wasser auf dem Objectträger, so wie es nach und nach verdunstet, fortwährend ersetzt wird.

Zelltheilung von Cladophora. — Eines der geeignetsten Objecte bietet die Cladophora glomerata dar, welche fast in jedem kleineren fliessenden Gewässer unseres Vaterlandes aufzufinden ist.

Bringt man einen kleinen Theil der grünen Rasen dieser Fadenalge unter das Mikroskop, so werden, namentlich in der Morgenstunde, und wenn man die Endzellen der Aeste genauer untersucht, bald die entsprechenden Theilungszustände aufzufinden sein. Schon auf den ersten Blick zeichnen sich die in Theilung begriffenen oder der Theilung nahen Zellen dadurch aus, dass sie die tiefer gelegenen etwa um das Doppelte ihrer Länge übertreffen. Der Beginn der Theilung verräth sich durch zwei mehr oder weniger nahe der Mitte gelegene helle Stellen der auf den Rand eingestellten Zelle (Fig. XIX. *a*), welche durch eine im Umkreise derselben stattfindende Ansammlung farblosen Protoplasmas veranlasst werden. Die an dieser Stelle stärker ernährte Membran (Primordialschlauch) der Mutterzelle faltet sich hierauf ringförmig ein, und schnürt, nach und nach in ihrer Einfaltung weiter vordringend, deren Inhalt in zwei den beiden Tochterzellen angehörende Hälften ab (Fig. XIX. *b* bis *e*). Am deutlichsten tritt diese Einfaltung bei langsam vegetirenden (im Zimmer cultivirten) Pflanzen hervor, weniger bemerklich und leicht übersehbar tritt sie dagegen bei ihrem Standort frisch entnommenen, rasch wachsenden Exemplaren auf. Schon kurz nach oder im letzten Falle fast augenblicklich nach dem Beginn der Einfaltung der Membran beginnt die Abscheidung der Zellstoffhülle und schreitet mit der Einfaltung jener continuirlich fort, so dass kurz nach oder mit deren vollendeter Theilung die entstandenen Tochterzellen auch schon ihre zarte, gegen Reagentien noch höchst empfindliche und durch deren Einwirkung sich contrahirende Zellstoffhülle besitzen, welche in der Folge nur noch wenig verdickt wird (Fig. XIX. *f* bis *g*). Eine verkittende Zwischensubstanz, Intercellularsubstanz, tritt hier, wo die zwischen den Querwänden verlaufenden Theile der Mutterzellhüllen schon bald aufgelöst werden, nicht auf, ebensowenig verschmelzen die primären Zellstoffhüllen, so dass die beiden aneinanderstossenden Wandungen durch eine scharfe dunkele Linie getrennt werden und als eine Doppelplatte erscheinen (Fig. XIX. *h*). Um sich recht klare Bilder des Fortschreitens der Theilung zu verschaffen, ist es zu empfehlen, endosmotische Reagentien in Anwendung zu bringen, in Folge dessen sich Präparate herstellen lassen, wie sie in den Figuren XIX, *c*, *e* und *f* dargestellt sind.

Wo die Tochterzellen zusammenstossen und an die Zellstoffhülle der Mutterzelle angrenzen, da entsteht immer ein bei der Randeinstellung der betreffenden Zellen dreieckig erscheinender Intercellularraum, der um so deutlicher hervortritt, je langsamer das Wachsthum ist.

Digitized by Google

Bei sehr üppig vegetirenden Algenrasen ist dagegen die Neubildung bildungsfähigen Inhaltes an der Theilungsstelle so bedeutend, dass die ursprünglichen Membranen und jugendlichen Zellstoffhüllen nahe zusammen und an die Mutterhülle gedrängt werden und der Intercellularraum fast völlig verschwindet.

Auf solchen Zuständen, wie sie durch üppiges und rasches Wachsthum hervorgerufen werden, mag wohl der Irrthum beruhen, in den Pringsheim und sogar H. v. Mohl verfallen sind (Pringsheim, Untersuchungen über Bau und Bildung der Pflanzenzelle, Berlin 1854; H. v. Mohl., Bot. Zeitung 1855, S. 733 und flgd.), wenn sie behaupten, dass in die beginnende Einfaltung des Primordialschlauches in allen Fällen schon ein Zellstoffbalken [Zellstofffalte (Mohl)] hineinrage. Ich habe mich durch die allersorgfältigsten und umfassendsten, wiederholt erneuten Untersuchungen überzeugt, dass die Einfaltung der ursprünglichen Membran (des Primordialschlauches) immer das vorgängige Moment der Zelltheilung ist, dem die Zellstoffabscheidung, und wenn auch hie und da fast augenblicklich, als zweites Moment folgt.

Zelltheilung von Ulothrix. — In gleicher Weise wie bei Cladophora erfolgt die Zelltheilung bei den übrigen Fadenalgen. Um dabei die Betheiligung des Zellkernes zu studiren, der bei Cladophora durch den Inhalt verdeckt wird, eignen sich namentlich die Spirogyra-, Zygnema- und Ulothrix-Arten, bei denen ein deutlicher Zellkern vorhanden ist. Hier gibt sich der Beginn der Theilung stets durch die Theilung des Zellkernes der Mutterzelle kund. Sobald diese vollendet ist, beginnt die Einfaltung der ursprünglichen Membran. Bei den Spirogyren und Zygnemen folgt dieser die Abscheidung der Zellstoffhülle auf dem Fusse und da diese meist in stehenden Gewässern vorkommenden Pflanzen auch bei der Cultur im Zimmer nicht wesentlich in ihrem Wachsthum beeinträchtigt werden, so erhält man in der Regel Bilder, wie sie bei rasch vegetirenden Cladophoren auftreten. Bei Ulothrix dagegen geht (namentlich wenn man sie einige Zeit im Zimmer hält) die Einfaltung der Membran der Abscheidung der Zellstoffhülle oft bedeutend voraus, und lassen sich daher an dieser Alge die aufeinander folgenden Erscheinungen auf das Klarste erkennen, namentlich wenn man nicht versäumt, der Auffassung durch die passenden endosmotischen Reagentien, Alkohol, Zuckerwasser, schwache Chlorzinkjodlösung, zu Hilfe zu kommen. (Vergleiche Fig. XX nebst Erklärung).

Zelltheilung der Oedogonien. — Einen interessanten Fall der Zweitheilung bietet die Zellenvermehrung der Oedogonien. Dieselbe ist mannigfach missverstanden und falsch gedeutet worden, weshalb ich es nicht unangemessen finde, hier etwas näher darauf einzugehen.

Um den Zelltheilungsprocess dieser Algenfamilie richtig zu verstehen, ist es vor allem nothwendig, sich eine klare Anschauung der Mutterzellen zu verschaffen, ehe dieselben zur Theilung gelangen.

Digitized by Google

Unterwirft man je zwei ausgewählte zusammenstossende Zellen einer genauen mikroskopischen Analyse, so wird man folgenden Bau nicht zu verkennen im Stande sein. Die obere der beiden Zellen, die je nach Umständen an ihrem vorderen Ende von einer bis mehreren (8 bis 12) der bekannten Kappen bedeckt wird, erscheint von zwei Zellstoffmembranen umkleidet. Die innere stärker entwickelte (Fig. XXI *a*, z^1) bildet die Zellstoffhülle der der Beobachtung unterliegenden Zelle, die äussere oft schwierig zu erkennende, immer äusserst zarte (Fig. XXI *a*, z^2), gehört dagegen der nächstvorhergehenden Generation, d. h. der Mutterzelle an, in der sich die beiden der Beobachtung unterliegenden Zellen gebildet haben. Bei der unteren der beiden Zellen tritt noch eine dritte Hülle hinzu, welche aber nahe unter dem oberen, an die erste Zelle stossenden Ende durch eine deutliche Querlinie gerade abgeschnitten ist (Fig. XXI *a*, *s*). Wir haben in ihr die sogenannte Scheide vor uns.

Diejenigen Zellen, welche sich zur Theilung anschicken, was häufiger bei der oberen als bei der unteren der beiden in einer Mutterzelle entstandenen Tochterzellen geschieht (das durchschnittliche Verhältniss ist etwa wie 1 : 5 bis 6), sind leicht daran zu erkennen, dass unmittelbar unter der Querlinie der jüngsten Kappe eine den Inhalt der Zelle einschnürende, sich ringförmig über die Innenfläche der Zelle erstreckende Einfaltung der inneren Zellstoffhülle auftritt (Fig. XXI *a* u. *b* bei *r*). Letztere, anfangs nur schwach entwickelt, nimmt, wie sich namentlich in den frühen Morgenstunden an im Zimmer cultivirten Pflanzen leicht beobachten lässt, nach und nach an Umfang zu, bis sie die in der Figur dargestellte Form erreicht hat. Diese Ringfalte, welche von Pringsheim in völliger Verkennung der Organisationsverhältnisse als eine ringförmige Zellstoffansammlung erklärt, von Hartig, H. v. Mohl und de Bary aber für die innerste, d. h. jüngste Schicht der Zellstoffhülle der werdenden Mutterzelle angesehen worden ist, gehört, wie eine sorgfältige, mit starker Vergrösserung vorgenommene, durch Anwendung von Reagentien unterstützte Beobachtung auf das Bestimmteste zu überzeugen im Stande ist, der ganzen inneren Zellstoffhülle an. Stellt man genau auf den Rand der betreffenden Stelle ein, so sieht man je nach den einzelnen Zellindividuen oder Arten der Gattung bald mehr bald minder deutlich wie die Einfaltung nur von der zweiten, zarten Hüllschicht überspannt ist und mit jener Zelle im vollen Zusammenhange steht (Fig. XXI, *a* bis *c* bei *r*). Der Innenraum zwischen der Faltung und der äusseren Hülle ist, soweit ich mich dessen versichern konnte, leer, und rührt der eigenthümliche Glanz, welchen diese Stelle beim Betrachten von oben zeigt, von dem über und unter der genau eingestellten Fläche verlaufenden Theile einer einen hohlen Cylinder bildenden Partie der Zellstoffhülle und äusseren Hülle her. Die innere und äussere Begrenzung der Falte erscheint bei richtiger Einstellung vollkommen scharf. Auch kann man sich durch eine, wenn ich so sagen darf, Längsansicht der Zellstofffalte von deren

Digitized by Google

Innenhöhle überzeugen, obwohl hier, wie natürlich, die Grenzen der Membranflächen nicht so scharf ausgesprochen erscheinen können.

Während der Ausbildung des Faltenringes wächst der in der oberen Hälfte der werdenden Mutterzelle gelegene, wandständige Kern mehr und mehr, bis er etwa das Doppelte seiner ursprünglichen Grösse erreicht, und theilt sich hierauf in zwei Tochterzellkerne (Fig. XXI, *a* und *b*). Zur selben Zeit erscheint in gleicher Höhe mit der Theilungslinie des Zellkernes eine ringförmige Ansammlung farblosen Protoplasmas (Fig. XXI, *b*), der alsbald eine Einfaltung der Zellhaut (des Primordialschlauches) folgt (Fig. XXI, *c*), welche die Mutterzelle in zwei, eine obere kürzere und eine untere längere, Tochterzellen theilt. Noch ehe die Einschnürung der Membran vollendet ist, reisst gerade über der Einfaltung der Mutterzellstoffhülle die äussere Hülle nach und nach in der Weise auf, wie es bei den Fäden unter *c* und *d* dargestellt ist, und es dehnt sich nun die Zellstoffhülle der Mutterzelle um die Grösse der Ringfalte aus (Fig. XXI, *e*). Die untere Tochterzelle wächst nun unter gleichzeitiger Abscheidung der jungen Zellstoffhülle in die Länge und schiebt die obere vor sich her, während die Zellstoffhülle der Mutterzelle mehr und mehr ausgedehnt wird (Fig. XXI, *f*). Sobald die untere Tochterzelle bis zu dem durch das Aufreissen der äusseren Hülle entstandenen Querstreifen der Scheide herangewachsen ist, erscheint die Theilung d. h. die Abschnürung vollendet, und es hat sich die jugendliche Zellstoffhülle über der ursprünglichen Membran entwickelt, so dass nun zwei vollständige Tochterzellen vorhanden sind (Fig. XXI, *h*). Jetzt beginnt auch unter fortdauernder Abscheidung von Zellstoff die Ausdehnung der oberen Tochterzelle und dauert so lange fort, bis dieselbe etwa die Länge der unteren Tochterzelle erreicht hat. Die Zellstoffhülle der Mutterzelle, der Ausdehnung der Tochterzellen folgend, ist jetzt zu der zarten äusseren Hülle geworden und die Organisation der beiden Tochterzellen auf der Stufe angelangt, von welcher wir oben ausgegangen sind.

Die Zelltheilung der Oedogonien lässt sonach ganz und gar nichts Abnormes beobachten. Sie geht im Wesentlichen ganz in derselben Weise vor sich, wie bei den übrigen Fadenalgen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Mutterzelle nicht (wie bei jenen) schon vor der Tochterzellenbildung auf fast ihre doppelte Länge heranwächst, sondern dass in Folge des an der Spitze stattfindenden Wachsthumes deren von der nicht mehr ausdehnungsfähigen älteren Hülle beschränkte Zellstoffhülle sich in der Art einfaltet, wie es bei der Tüpfelbildung stattfindet, und dass die Ausdehnung der Mutterzelle erst dann erfolgt, wenn die starre äussere Hülle durch die Gewalt des Wachsthumsprocesses gesprengt worden ist. Dass die Einfaltung der Zellstoffhülle dicht unter den Kappen stattfindet, erklärt sich höchst einfach aus dem Spitzenwachsthum und aus mechanischen Gründen. Indem die Zellstoffhülle durch die Kappenstücke fest umschlossen und inniger an die äussere Hülle gedrängt wird, muss die Einfaltung ganz natürlich gerade unter dieser

Digitized by Google

Stelle beginnen und fortschreiten, während die untere Partie der Zellstoffhülle nachschiebt. Ebenso einfach erklärt sich das Aufreissen der äusseren Hülle in gleicher Höhe mit der Einfaltungsstelle. Die Anfangsstellen der Falte, deren Ausdehnung nach Innen durch den Inhalt der oberen entstehenden Tochterzelle beschränkt wird, müssen einen Druck nach Aussen auf die gerade über ihnen verlaufende Stelle jener ausüben und dadurch das scharfe Aufreissen da bewirken, wo sie nicht mit der Zellstoffhülle selbst in Verbindung steht, sondern frei über die Einfaltung ausgespannt, somit am leichtesten verwundbar ist.

Aus dem ganzen Entwickelungsprocesse folgt ausserdem mit Evidenz, dass die Kappen nicht ringförmige Stücke sein können, sondern dass sie gleichsam übereinandergeschachtelte fingerhutförmige Theile der Hüllen sind. Schon die Beobachtung unverletzter Zellen gibt Aufklärung hierüber, die aber auf das allerbestimmteste erzielt wird, wenn man einen Faden mit Schwefelsäure behandelt, welche die Hüllen aufquellen macht und die Schichten lockert. Nur die oberste Kappe von Zellen aus der Mitte des Fadens gehört einem ringförmigen oder vielmehr röhrenförmigen Hüllstück (einer Scheide) an und wurde durch die Theilung der unteren Tochterzelle hervorgebracht, welche, wie oben erwähnt, seltener erfolgt, als die der oberen. Dass von den beiden Tochterzellen die obere mit Ausnahme ihres vorderen Endes nur in einer Hülle, die untere dagegen in der Regel nur in dieser und einer Scheide, nur da, wo eine einmalige oder wiederholte Theilung unterer Tochterzellen mit gleichzeitiger Theilung der nächst unteren vegetativen Zelle stattgefunden hat, in mehreren Scheiden steckt, folgt ebenfalls, ohne dass eine weitläufigere Auseinandersetzung nöthig wäre, aus dem ganzen Entwickelungsgange.

Viertheilung. — Die Viertheilung erfolgt in zweifacher Art. Es theilt sich nämlich entweder die Mutterzelle zuerst in zwei Tochterzellen, und jede dieser beiden wiederholt diesen Process noch einmal, oder es zerfällt die Mutterzelle sofort in vier Tochterzellen. Beide Zellbildungsprocesse stimmen in ihren Endresultaten überein, und es findet sich der erstere nur bei der Entstehung der monokotyledonen Pollenmutterzellen, während der andere bei der Bildung der Pollenmutterzellen der Dikotyledonen und der Sporenmutterzellen der höheren Kryptogamen statthat.

Entstehung der monokotyledonen Pollenmutterzellen. — Unter den Monokotyledonen eignen sich namentlich die Liliaceen zur Beobachtung der Entstehung der Pollenmutterzellen. Nimmt man einen zarten Querschnittt aus den Antheren ganz junger Blüthenknospen von irgend einer derartigen Pflanze, so wird man unter den mit unregelmässig verdickten Zellstoffhüllen versehenen Mutterzellen bald solche herausfinden, welche sich zur Theilung anschicken. Wo es der trübe Inhalt gestattet, sieht man zuerst an Stelle des Mutterzellkernes zwei Tochterzellkerne auftreten, welche durch Theilung entstanden sind. Ihnen folgt die Einschnürung der ur-

Digitized by Google

sprünglichen Membran, mit der die Abscheidung der Tochterzellstoffhüllen successive Schritt hält, so dass kurz nach Vollendung der Abschnürung der beiden Tochterzellen auch sie als zarte Membran vorhanden ist (Fig. XXII, I. und II.). In den beiden Tochterzellen wiederholt sich nun derselbe Process, indem zunächst die Entstehung zweier Tochterzellkerne erfolgt, und dann die Ein- und Abschnürung der ursprünglichen Membran sowie die Abscheidung der Zellstoffhülle eintritt (Fig. XXII, III. und IV.). Die erste Theilung findet gewöhnlich nach der Querachse der Mutterzelle, d. h. senkrecht zu der Linie, welche man sich durch die beiden stärker verdickten Stellen der Zellstoffhülle denken kann, statt, ist jedoch keineswegs ausnahmslose Regel. Die zweite Theilung zeigt hie und da insofern eine gewisse Unregelmässigkeit, als dieselbe nicht immer zur gleichen Zeit vor sich geht, und in der einen Tochterzelle oft schon die beiden pollenbildenden Zellen vollständig fertig sind, während in der andern erst die Theilung durch die beiden Tochterzellkerne angezeigt ist (Fig. XXII, III.).

Auf dieser Entwickelungsweise der Pollenmutterzellen der Monokotyledonen beruht die stets kreuzweise Lage derselben in einer Ebene, während sowohl bei den Sporenmutterzellen der höheren Kryptogamen, als bei den Pollenmutterzellen der übrigen Phanerogamen die sogenannte tetraëdrische Stellung die häufigere, die kreuzweise die seltenere ist.

Um sich von der vorgängigen Einschnürung der ursprünglichen Membran und der erst secundär erfolgenden Entwickelung der Zellstoffhülle zu überzeugen, braucht man nur auf die allerjüngsten Theilungszustände verdünnte Zucker-, Salz- oder Jodlösung einwirken zu lassen. Man wird hierauf finden, dass in den ersten Entwickelungsstadien stets nur der Inhalt sammt der ihn mehr oder minder einschnürenden ursprünglichen Membran, in Theilung begriffen sind, während die Zellstoffhülle in dem ganzen Innenraum glatt verläuft und keine Spur einer Scheidewandbildung zeigt. Erst wenn die Einfaltung der ursprünglichen Membran etwas weiter fortgeschritten ist, erkennt man an der Innenseite der Mutterzellstoffhülle die neu abgeschiedene Zellstoffhülle der Tochterzellen, die je nach dem Alter der Entwickelungszustände ihrer Vollendung mehr oder minder nahe steht, so dass die mittelst Einwirkung der wasserentziehenden Reagentien sammt der ursprünglichen Membran zusammengefallene Inhaltspartieen der beiden entstehenden Zellen durch einen mehr oder minder starken Verbindungsstrang miteinander vereinigt bleiben.

Um sich eine möglichst lückenlose Reihe von Entwickelungszuständen zu verschaffen, muss man successiv von den jüngeren, höher stehenden Blüthenknospen zu den älteren, tiefer stehenden fortschreiten, da in den Antheren einer und derselben Blüthenknospe sich höchstens immer nur eine oder einige Entwickelungsstufen finden.

Digitized by Google

Entstehung der dikotyledonen Pollenmutterzellen. — Zum Studium der simultanen Viertheilung, woraus die Pollenmutterzellen hervorgehen, wähle man vorzugsweise Pflanzen mit möglichst grossen Antheren und solchen Blüthenständen (Strauss, Aehre oder Traube), welche die Untersuchung möglichst erleichtern und zu jeder Zeit verschiedenalterige Blüthenknospen darbieten. Besonders empfehlenswerth sind nach meinen eigenen Erfahrungen Cucurbita pepo, die verschiedenen Malven- und Stockrosen-Arten (Malva und Althaea), die Weidenröschen-, die Nachtkerzen-, endlich die grösseren Convolvulus- und Calystegia-Arten etc.

Ich wähle zur Darlegung der Entwickelungsgeschichte seiner allgemeinen Verbreitung halber den gemeinen Kürbis (Cucurbita pepo).

Die primären Zellstoffwandungen der jugendlichen, noch nicht stark verdickten Mutterzellen sind hier (wie auch bei Althaea rosea, Convolvulus altheoides etc.) mit eigenthümlichen haarähnlichen Erhebungen versehen, die nach und nach, so wie die Verdickung der Zellstoffhülle weiter schreitet, verschwinden. Jede der Mutterzellen besitzt einen deutlichen, etwa deren Mitte einnehmenden Zellkern. Derselbe theilt sich zur Zeit, wenn die Ablagerung der secundären Verdickungsschichten vollendet ist, in zwei Tochterkerne, die auseinanderrücken und eine wiederholte Zweitheilung eingehen, so dass sich nun in der Mutterzelle vier freie Zellkerne befinden, welche entweder in einer Ebene liegen, oder wie die später entstehenden pollenbildenden Zellen eine tetraëdrische Lage einnehmen (Fig. XXIII, *a*). Bald nachdem sich die secundären Kerne getheilt haben, tritt die Einfaltung der ursprünglichen Zellmembran ein, und es erscheint der Inhalt in vier Portionen eingeschnürt (Fig. XXIII, *a*). Anwendung wasserentziehender Reagentien macht dieses Verhältniss noch deutlicher, und lässt zugleich erkennen, dass auf dieser Stufe durchaus noch keine aus Zellstoff gebildeten Scheidewandanfänge vorhanden sind (Fig. XXIII, *b*). An der unverletzten Zelle erscheinen die Einschnürungsstellen nur durch eine zarte einfache Linie begrenzt, und ebenso bildet die innere Grenze der stark und schichtenweise verdickten Zellstoffhülle nur eine scharfe Linie, welche über jene Stellen wegläuft. In etwas älteren Entwickelungszuständen erscheint an der Innenseite der Mutterzellstoffhülle eine doppelte Contour, die sich von beiden Seiten her in die Einschnürungsstelle hineinzieht und dort keilförmig endet. Zugleich tritt in der Mitte der Mutterzelle die Stelle deutlicher hervor, in der die Tochterzellen abgerundet zusammenstossen (Fig. XXIII, *c*). Wasserentziehende Reagentien ziehen jetzt den Inhalt sammt der ursprünglichen Membran zusammen, und machen die Anfänge der jugendlichen Zellstoffhülle hervortreten, die nach Innen hin noch unvollendet einen runden Raum offen lassen, durch welchen die noch nicht vollständig abgeschnürten Tochterzellen miteinander in Verbindung stehen (Fig. XXIII, *d*). Die Zellstoffhülle schreitet nun in ihrer Vollendung nach Innen mit der weiter dringenden Abschnürung der Tochterzellen weiter fort (Fig. XXIII, *e*) und verdickt sich zugleich an den älteren

Digitized by Google

Stellen, so dass derartige Entwickelungszustände Bilder gewähren, wie die Fig. XXIII, *f*, wo die Abscheidung vollendet und der Mutterzellraum von vier fertigen Tochterzellen eingenommen erscheint.

Entstehung der Sporenmutterzellen höherer Kryptogamen. — Unter den höheren Kryptogamen eignen sich namentlich die Leber- und Laubmoose zum Studium der Entstehung der Sporenmutterzellen, und muss man unter diesen wieder solche wählen, welche grosse Sporen haben, wozu namentlich die Gattungen Anthoceros, Fegatella, Frullania, Pellia, Blasia, Phascum, Gymnostemum und Funaria gehören. Längsschnitte durch die junge Kapsel führen hier am besten zum Ziele, und kann man die Mutterzellen erforderlichen Falles mittelst der Nadel unter dem Präparirmikroskope isoliren. Anthoceros laevis oder punctatus liefern insofern ein sehr bequemes Material, als man in ein und derselben Kapsel, wo die Entwickelung von der Spitze aus nach dem Grunde fortschreitet, oft alle Entwickelungszustände antrifft, welche man braucht.

Die Entwickelung verläuft hier ganz in derselben Weise, wie bei den Pollenmutterzellen. Es wird dieselbe daher keiner weitläufigen Erörterung bedürfen und begnüge ich mich zum Anhaltspunkte für die einschlägigen Untersuchungen den Anfänger auf die beigegebene Entwickelungsgeschichte der Sporenmutterzellen von Fegatella conica (Fig. XXIV) nebst der Figurenerklärung zu verweisen.

Pellia bildet hier eine ähnliche Ausnahme von der Regel, wie Oedogonium bei der vegetativen Zellenbildung der Algen. Doch ist die Abweichung eine bedeutendere. Die anfangs nahezu kugelförmigen Mutterzellen (Fig. XXV, *a*) verlieren diese Form, sobald sich die vier Tochterzellkerne gebildet haben, über deren Entstehung des trüben chlorophyllhaltigen Inhaltes halber nichts Bestimmtes zu ermitteln ist. Je nachdem sich diese tetraëdrisch oder kreuzweise gelagert haben, entstehen in dem Zellenumfange vier Ausbauchungen, welche sich entweder nahezu in einer Ebene oder in verschiedenen Ebenen liegend darstellen (Fig. XXV, *b*). In jeder dieser Ausbuchtungen liegt ein schwer sichtbarer Zellkern. Die Ausbuchtungen erheben sich durch fortwährende Ausdehnung der Mutterzellstoffhülle mehr und mehr nach Aussen und nehmen dabei eine eiförmige Gestalt an, so dass die Mutterzelle wie aus vier eiförmigen Zellen zusammengesetzt erscheint, die, von einer äusserst zarten äusseren (Mutterzellstoffhülle) und einer stärkeren inneren (Tochterzellstoffhülle) Zellstoffwand umkleidet, nach der Mitte der Mutterzelle miteinander in offener Verbindung stehen. Die ursprüngliche Membran schnürt sich nämlich nicht vollständig ab, sondern lässt eine in das Centrum mündende runde Oeffnung (Fig. XXV, *c*). Der körnige, chlorophyllhaltige Inhalt hat sich auf dieser Entwickelungsstufe ganz in die vier Ausstülpungen (Tochterzellen) zurückgezogen, und die Mitte der Mutterzelle bleibt von einer wasserklaren Flüssigkeit erfüllt. Gelingt es nach der Anwendung von Jodlösung die Zellstoffhülle einer der Mutterzellen zu

Digitized by Google

sprengen, so tritt die ursprüngliche Membran mit dem Inhalte heraus, und man erkennt auf das Bestimmteste, dass die vier Tochterzellen miteinander im vollständigen Zusammenhange stehen, etwa so, wie bei den noch nicht vollständig abgeschlossenen Theilungszuständen der Pollenmutterzellen. Die Veränderungen in der Zellstoffhülle beruhen auf dieser Entwickelungsstufe in einer allmäligen Auflösung der Mutterzellhülle und einer vermehrten Abscheidung von Zellstoff an der Stelle der Tochterzellhüllen, wo sie in das Centrum der Mutterzellen hineinragen, so dass diese hier weit stärker verdickt werden, als an den nach dem Umfang hin liegenden Theilen. Zu dieser Zeit entleert sich der innere Raum vollständig von seinem Inhalte, und es erscheinen die vier Tochterzellen von demselben durch eine zarte Grenzlinie abgeschlossen (Fig. XXV, *d*).

Wendet man jetzt ein wasserentziehendes Reagens an, so zieht sich nicht mehr die Gesammtheit der vier Tochterzellen, sondern jede einzelne dieser letzteren für sich in ihrer Zellstoffausstülpung zusammen.

Die Zellhaut (der Primordialschlauch) der Mutterzelle ist nunmehr verschwunden, und in jeder der unvollständigen Tochterzellen ist durch freie Zellenbildung um den ganzen Inhalt eine neue Tochterzelle, die junge Spore, entstanden, welche sich rasch mit einer doppelt umgrenzten Zellstoffhülle umgibt (Fig. XXV, *e*) und später durch theilweise Resorption der Zellstoffwand der Sporenmutterzelle frei wird. Von den letzteren bleiben nur die centralen, stark verdickten Stellen noch längere Zeit bestehen und stellen sich dem Beobachter in der in Fig. XXV, *f* wiedergegebenen Form dar.

Eine Viertheilung in Reihenform ist als Regel meines Wissens bis jetzt nur von Schacht bei den sogenannten Vierlingsfrüchten der Corallina- und Melobesia-Arten beobachtet. Sie tritt indessen auch hie und da bei der Entstehung der Sporen- und Pollenmutterzellen als Ausnahme auf.

Zu allen Beobachtungen über Zellenbildung bei Pflanzen, welche nicht im Wasser leben, muss die Zusatzflüssigkeit mit aller Vorsicht gewählt werden (Bd. I, S. 271), damit in dem Inhalte und der Zellhaut keine solche Veränderungen eintreten, die den wahren Sachverhalt mehr oder minder verdecken. Eine für jeden einzelnen Fall passende Anweisung lässt sich indessen nicht geben, und muss die passende Wahl durch eigene Versuche geleitet werden, für welche man bei derartigen Untersuchungen überhaupt Zeit und Mühe nicht scheuen darf.

H. v. Mohl: Ueber die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung. Dissertation aus dem Jahre 1835. Deren Umarbeitung. Vermischte Schriften 1846.

Derselbe: Entwickelung der Sporen von Anthoceros laevis, Linnäa 1839, und Vermischte Schriften.

Unger: Ueber merismatische Zellenbildung u. s. w. Linnäa 1840 und Bot. Zeitung 1844.

Nägeli: Entwickelungsgeschichte der Pollenkörner. Zürich 1842.

Derselbe: Zellenbildung und Zellenwachsthum. Schleiden's und Nägeli's Zeitschrift. Heft 1. 1844.

Digitized by Google

Hofmeister: Entwickelung des Pollens. Bot. Zeitung 1848.
Wimmel: Zur Entwickelung des Pollens. Bot. Zeitung 1850.
Schacht: Entwickelung des Sporangiums und der Sporen von Anthoceros. Bot. Zeitung 1850.
Alex. Braun: Betrachtungen u. s. w.
H. v. Mohl: Die vegetabilische Zelle. Braunschweig 1850.
Hofmeister: Vergleichende Untersuchungen u. s. w. und Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen.
Schacht: Die Pflanzenzelle. Berlin 1852.
De Bary: Ueber die Algengattungen Oedogonium und Bulbochaete. Abhandl. der Senkenbergischen, naturforschenden Gesellschaft. Frankfurt 1854.
Pringsheim: Bau und Bildung der Pflanzenzelle 1854.
Th. Hartig: Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle. Bot. Zeittung 1855.
H. v. Mohl: Der Primordialschlauch. Bot. Zeitung 1855.
Schacht: Lehrbuch u. s. w. 1855.
Pringsheim: Zur Morphologie und Systematik der Algen. Jahrbücher Bd. I, Heft 1. 1857.
Dippel: Beiträge zur vegetabilischen Zellenbildung. Leipzig 1858.

III. Die Umbildung der Zelle.

Die Umbildung der Zelle einfachster Gestaltung, wie wir sie im ersten Paragraphen betrachtet haben, geschieht in Folge der Ernährung und macht sich nach zwei verschiedenen Richtungen geltend, indem sie einestheils die mannigfachen Wachsthumserscheinungen u. s. w., anderntheils die chemischen und physikalischen Umwandlungen der ursprünglichen Verbindungen ihrer einzelnen Bestandtheile, namentlich aber der Zellhülle, trifft.

Die Wachsthumserscheinungen rufen zuvörderst eine Vergrösserung des ganzen Volumens sowie die Aenderung der ursprünglich sphärischen Gestalt der Zelle hervor, und machen sich demnächst als Verdickung der Zellstoffhülle geltend.

1. Grössen- und Formveränderung der Zelle.

Die Pflanzenzelle, ursprünglich in ihren drei räumlichen Ausmessungen weit weniger verschieden, erlangt die später zu beobachtende Verschiedenheit erst in Folge der Vergrösserung des Volumens, an welcher sowohl die ursprüngliche Membran als die Zellstoffhülle durch ihre Ausdehnung betheiligt sind. Mit der Ausdehnung dieser letzteren Bestandtheile ist aber noch ein weiteres, für das Studium der Zelle wichtiges Moment verknüpft. Dieses besteht in der, theils durch eine mehr gleichmässige oder ungleichmässige Ernährung, theils durch den Einfluss, welchen die mit einander vereinigten Zellen auf einander üben, bedingten Wandlung der ursprünglich sphärischen Gestalt.

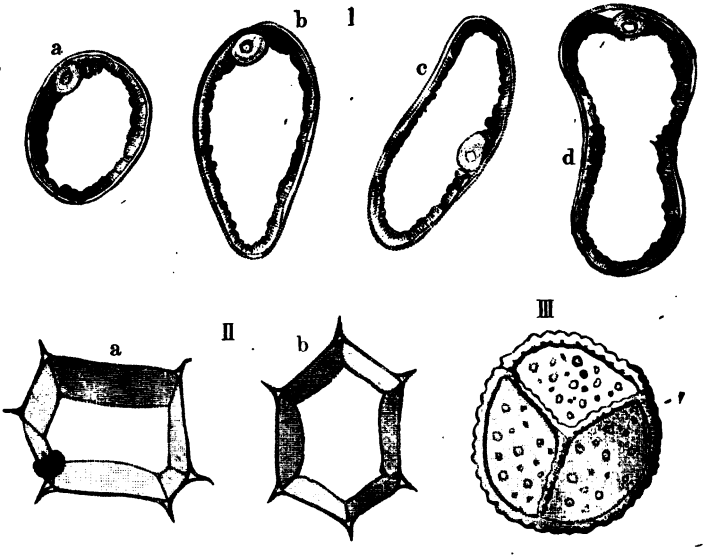
Digitized by Google

Aus allseitig gleichmässig oder ungleichmässig vor sich gehender Ernährung entstandene Zellenformen. — Wo die Zellen frei entstehen, oder bald nach ihrer Entstehung sich aus ihrem Verbande lösen, da behalten dieselben ihre sphärische Gestalt so ziemlich bei, sobald die Ernährung und somit die Ausdehnung nach allen Seiten gleichmässig erfolgt. Aenderung der sphärischen Gestalt in die mancherlei sphäroidischen Formen ist weniger Folge eines ungleichmässigen Wachsthums, als des für die Entwickelung gestatteten Raumes.

Die kugelförmigen Zellen sind vorzugsweise unter den Sporen der Algen, der Moose und Lebermoose, ferner unter den Pollenkörnern der Phanerogamen sowie in dem Fruchtfleische einzelner saftiger Beerenfrüchte zu suchen, wo deren Ausdehnung entweder durch die Form der Mutterzelle oder in Folge der losen Verbindung der Zellen untereinander ein freier Spielraum gelassen ist. In einer grossen Zahl der letzteren Organe finden sich neben jenen auch die mehr oder weniger abweichenden sphäroidischen Formen (Fig. 9, I. *a* bis *d*).

Frei entstandene, in Folge ihrer Vergrösserung sich nach einzelnen

Fig. 9.



I. *a* bis *d* rundliche, elliptische und bisquitförmige Zellen aus dem Fruchtfleische der Pfirsich. — II. Polyëdrische Zelle aus dem Marke von Acacia lophanta. *a* im Querschnitt, *b* im Längsschnitt. — III. Tetraëdrische Zellen. Sporen von Anthoceros laevis. Vergrösserung von I., II. und III. 1 : 370.

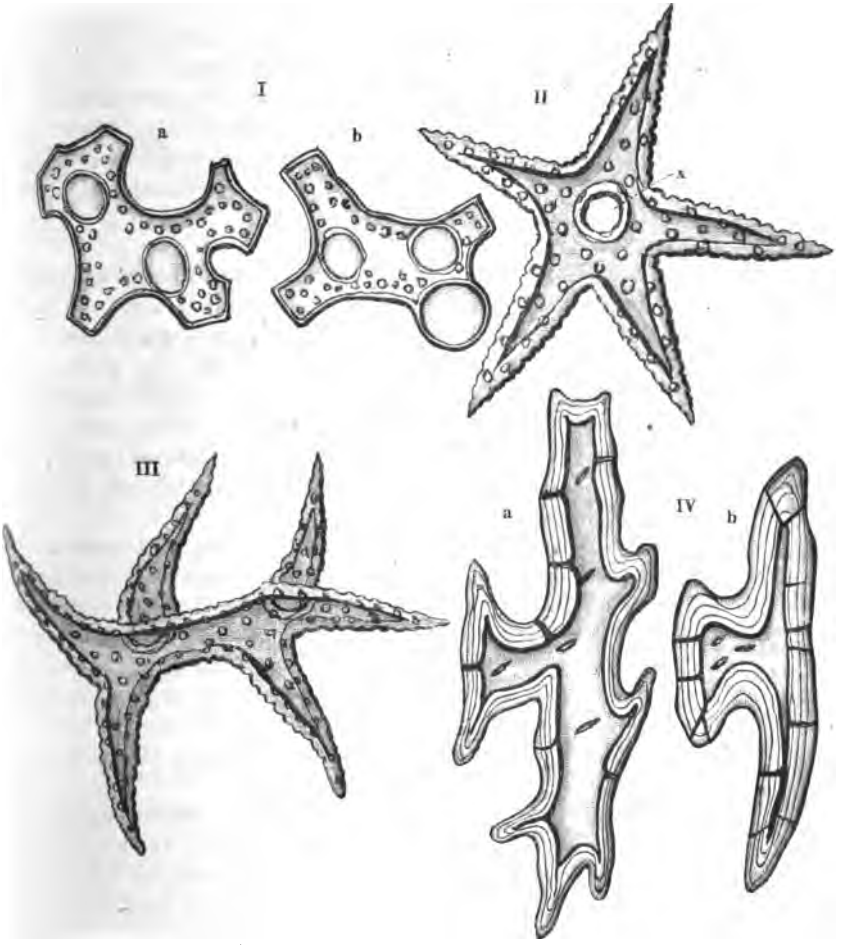
Seiten des Kugelradius in ihrer Ausdehnung hemmende Zellen nehmen hier eigenthümliche, namentlich bei den Sporen der Lebermoose, Moose

Digitized by Google

und Farrnkräuter zu beobachtende Formen an, welche man als tetraëdrische bezeichnet und bei welchen die eine Seite von einer Kugelhaube begrenzt wird (Fig. 9, III).

Treten endlich die Zellen zu Geweben zusammen, so wandelt sich die sphärische oder sphäroidische Gestalt durch den gegen- und allseitig ausgeübten Druck in eine mehr oder minder regelmässige polyëdrische um (Fig. 9, II. *a* und *b*), was sehr schön in dem aus freier Zellenbil-

Fig. 10.



I. Unregelmässig buchtig-strahlige Zellen aus dem Blattgewebe von Asplenium Nidus. Vergr. 1 : 780. — II. Regelmässig strahlige Haarzelle aus der Oberhaut von Dentzia scabra, *x* durchscheinende Oeffnung des Zellengrundes. — III. Unregelmässig strahlige Haarzelle aus dem Luftgange von Nymphaea alba. Vergr. von II. u. III. 1 : 370. IV. *a* und *b* zwei verästelte Zellen aus dem Rindengewebe von Abies pectinata Vergr. 1 : 420.

Digitized by Google

dung hervorgegangenen, sich mittelst Zelltheilung weiter entwickelnden Albumen der Samen, in dem aus dem Urparenchym eben entstandenen in Ausbildung begriffenen Marke vieler Dicotyledonen, in den Wurzelknollen der Kartoffel und anderer ähnlicher Gewächse beobachtet und durch zarte Quer- und Längsschnitte zur Anschauung gebracht werden kann.

Wo die Ernährung zwar nach allen drei Ausmessungen, nicht aber gleichmässig über die ganze Oberfläche vor sich geht, da entstehen jene Formen, die man in den sogenannten (einzelligen) Sternhaaren z. B. der Dentzia scabra findet und als strahlenförmige bezeichnet (Fig. 10, II.). Eine mehr unregelmässige Ernährung bringt endlich jene unregelmässig buchtigen und strahligen, dann die wunderlich verzweigten Formen der Zellen hervor, wie sie sich in dem Parenchym der Blätter, in den in die Luftgänge der Nymphae hineinreichenden Haarzellen, sodann in der Rinde und dem Baste der Auracarien und der Weisstanne finden (Fig. 10, I., III. und IV).

Aus nach zwei Dimensionen vorwaltender Ernährung hervorgegangenen Zellenformen. — Waltet die Ernährung nur nach zwei Ausmessungen vor, während sie nach der dritten zurückbleibt, so entstehen daraus tafelförmige Zellen, die, je nach der freien oder gehemmten Entwickelung, wieder rundlich oder polygonal-tafelförmig werden, die sich bandförmig gestalten, wenn das Wachsthum nach einer der Flächenausdehnungen überwiegt, endlich als sternförmige, buchtige, wellige Zellenformen auftreten, wenn die Ausdehnung unregelmässig erfolgt (Fig. 11, I. bis III.).

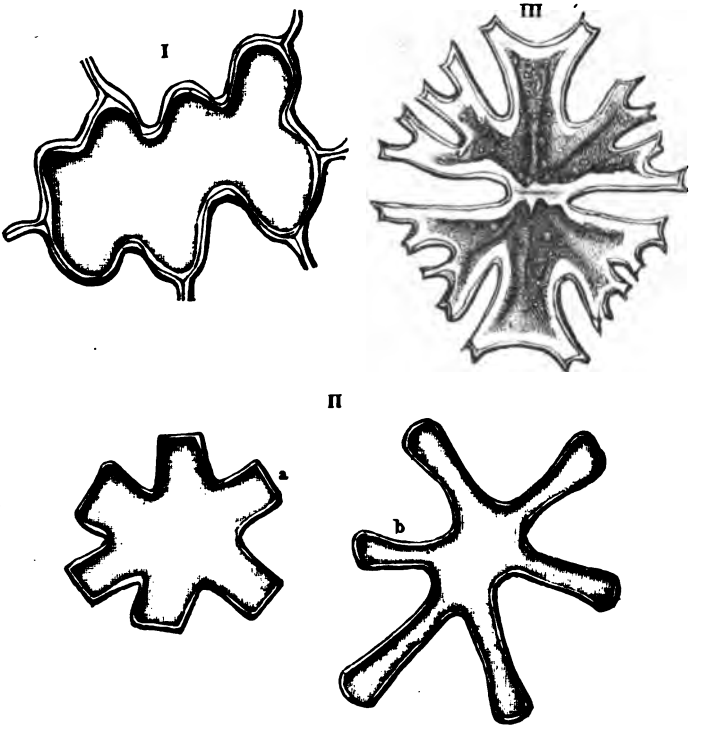
Die tafelförmigen Zellen finden sich namentlich in der Oberhaut des grünen Stengels und der Blätter der Gefässpflanzen, sowie in den Scheidewänden der Luftcanäle mancher Monokotyledonen (Binse, Froschlöffel, Musa u. s. w.), wo sie vorzugsweise den letzteren Zellenformen angehören, dann in fast rechteckig tafelförmiger Form in dem Korkgewebe, als sechsseitige Tafeln in den Blättern der Lebermoose u. s. w. Vor allem aber bieten die Familien der Diatomeen und Desmidieen ein reiches Feld der wunderbarsten und verschiedensten hierher gehörigen Gestalten.

Aus einseitig vorwaltender Ernährung hervorgegangene Zellenformen. — Vorwaltendes Wachsthum nach nur einer Ausmessung des Raumes bedingt überwiegende Ausdehnung nach der Länge und es gehen daraus diejenigen Zellenformen hervor, welche man als cylindrische, prismatische, spindelförmige und fadenförmige bezeichnet (Fig. 12, a. S. 64). Von ihnen findet man die ersteren vorzugsweise bei den Fadenalgen, dann in dem Blattparenchym (Pallisadenparenchym), bei den Gefässzellen der höheren Gewächse und in dem Marke saftiger, rasch wachsender Monokotyledonen, die zweiten in dem letzteren Gewebe, sowie in dem Holz- und Bastparenchym, die dritten als Holz- und Bast-

Digitized by Google

fasern, die letzteren bei manchen Haargebilden (Baumwolle etc.). Eine ungleichförmige Ausdehnung bringt bei den gestreckten Zellen bald eine

Fig. 11.



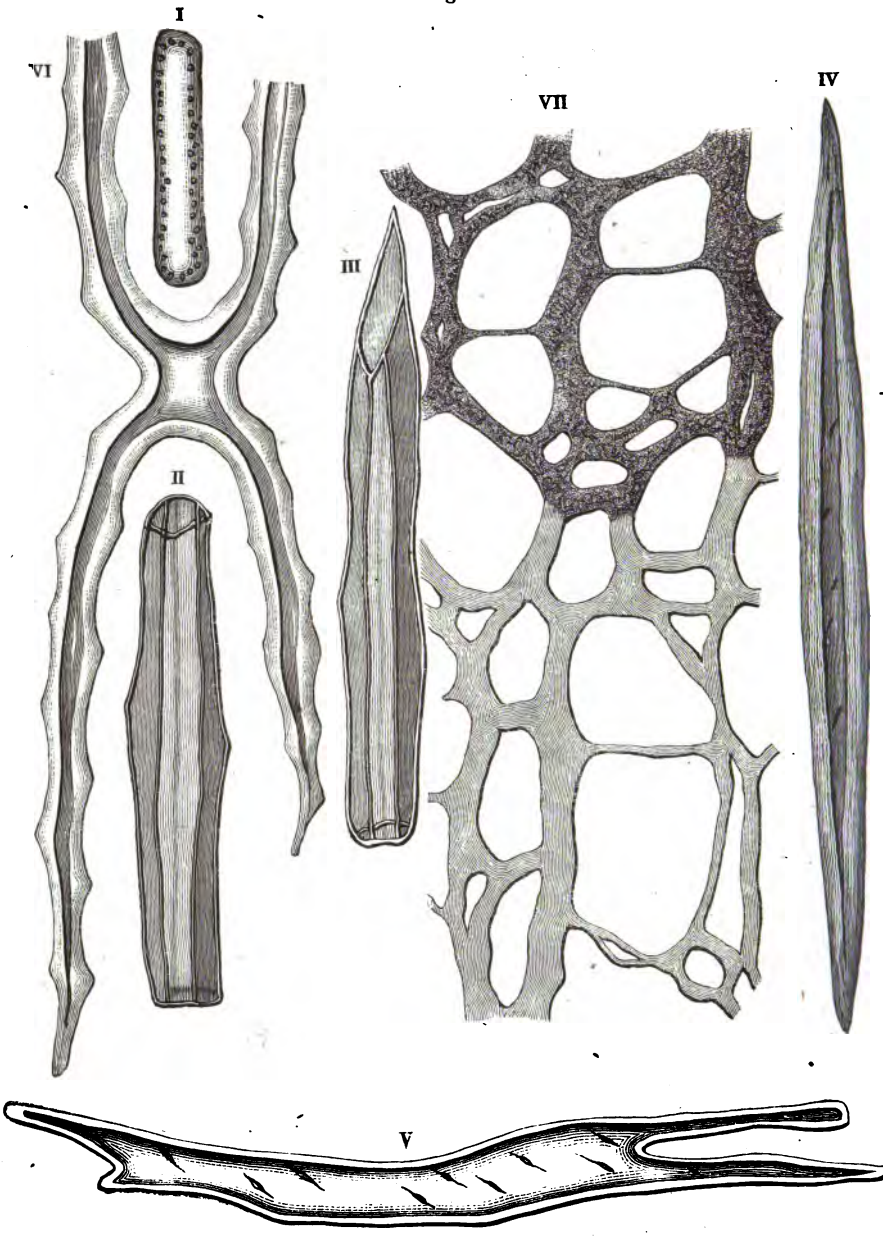
I. Tafelförmig-buchtige Zelle nebst angrenzenden Zelltheilen aus der Oberhaut von Asplenium Nidus. — II. Grosse sternförmige Zellen aus der horizontalen Scheidewand der Luftgänge von Botamus umballatus, *a* im jüngeren, *b* im älteren Zustande. — III. Unregelmässig sternförmige Zelle Enastrum crux nelitensis. Vergr. von I. u. II. 1 : 780, von III. 1 : 400.

geringere (manche Holzzellen, Fig. 12, V. a. f. S.), bald eine bedeutendere Verästelung hervor (Bastzellen der Rhizophoren der Asclepiadeen, Bastgefässe der letzteren und der Euphorbien, Moreen u. s. w.) (Fig. 12, VI.), welche bei den Bastgefässen (Milchsaftgefässen) der Cichoriaceen und der Carica-Arten bis zu den mannigfachsten miteinander anastomosirenden Verzweigungen sich steigert (Fig. 12, VII.).

Um über die verschiedenen Formen der Pflanzenzellen sich den erforderlichen Aufschluss zu verschaffen, sind bei den zu Geweben verbundenen Zellen neben dem Querschnitte noch zwei Längsschnitte erforderlich, von denen der eine parallel mit dem Radius verläuft (Radialschnitt), der andere aber in einer senkrecht auf dem letzteren stehenden Ebene

Digitized by Google

Fig. 12.



I. Cylindrische Zelle aus dem Blattparenchym von Pyrus communis. Vergr. 1 : 650. — II. und III. Prismatische und prismatisch-pyramidale Zelle aus dem Bastparenchym von Begonia sp. Vergr. 1 : 370. — IV. Spindelförmige Bastzelle von Bignonia radicans. Vergr. 1 : 125. — V. Verzweigte Holzzelle von Cucurbita pepo. — VI. Verzweigte Bastzelle von Hoya carnosa. — VII. Netzförmig mit einander verbundene Milchsaftgefässe von Carica microcarpa. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

geführt ist (Tangenten- oder Secantenschnitt, der bei dem Blatte zum Flächenschnitt wird, für die Oberhaut durch einfaches Abziehen dieser ersetzt werden kann).

Wo diese Schnitte nicht ausreichen, da müssen die Zellen aus ihrem Zusammenhange gelöst werden, um sie isolirt beobachten zu können. Man macerirt zu dem Ende entweder nicht zu zarte Längsschnitte oder, wo erforderlich, auch stärkere Querschnitte mittelst des im ersten Bande beschriebenen Verfahrens und trennt die betreffenden Zellen unter dem einfachen Mikroskope oder dem Compositum mittelst der Nadel von den sie umgebenden Gewebetheilen.

Literatur: Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, 3. Aufl. 1849. S. 222.
H. v. Mohl, Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. 1856. S. 10.
Unger, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1855. S. 55.
Schacht, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. 1856. S. 90.

2. Verdickung der Zellstoffhülle.

Das zweite Moment des Wachsthums, welches schon in den frühesten Entwickelungsstadien neben dem ersteren hergeht, sich aber erst in späteren Perioden, wenn die Ausdehnung eine bestimmte Grenze erreicht hat, mehr bemerklich macht, ist die allseitige oder mehr minder einseitige, nur in den weniger zahlreichen Fällen ununterbrochen über die betreffenden Flächen erfolgende Verdickung der Zellstoffhülle. Bei manchen Zellenarten, z. B. bei dem Parenchym, erscheint sie in der Regel so unbedeutend, dass sie kaum ins Auge fällt; bei anderen Parenchymzellen, bei den Gefäss-, Holz- und Bastzellen dagegen tritt sie meist in höherem Maasse auf, so dass oft das Lumen — namentlich der letzteren Zellen — fast ganz verschwindet.

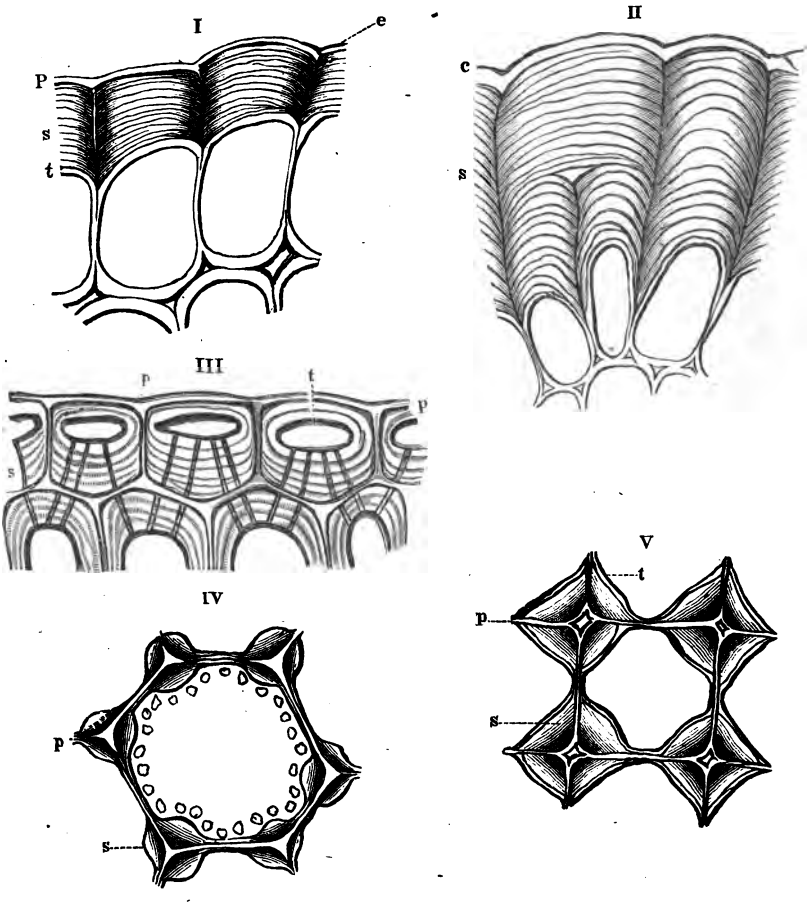
Allseitige Verdickung. — Die allseitige Verdickung tritt namentlich in den verdickten Parenchymzellen der Innenrinde und des Markes mancher Pflanzen, ferner in den meisten Holz- und Bastzellen auf (Fig. 14, a. S. 68).

Einseitige Verdickung. — Die Verdickung der Zellstoffhülle erfolgt indessen keineswegs immer allseitig, und hat man auf diese Thatsache wohl zu achten. Bei den Epidermiszellen tritt dieselbe in der Mehrzahl der Fälle nur einseitig auf, so dass die nach Aussen oder Innen gewendete Wandfläche der betreffenden Zellen, oder auch eine dieser und die beiden anstossenden Wände ganz oder theilweise eine weit stärkere verdickte Zellstoffhülle besitzen, als die übrigen, wofür namentlich die Oberhaut des Blattes und des Stengels von Viscum album ein sehr instructives Beispiel bietet. Weitere Beispiele finden sich in der Oberhaut der jungen Triebe von Rosa canina, Ficus elastica, Ilex, Dipsacus etc.,

Digitized by Google

ferner der Blätter von den letzteren Pflanzen, von Allium, Agave, Aloe, Hyacinthus, Tulipa, Bromelia, Ananas, Hechtia, Nerium, Hoya, Citrus, Dianthus, Helleborus, Angelica, Carum etc. (Fig. 13, I. bis III.). Eine

Fig. 13.



Einseitig verdickte Zellen. I. Querschnitt aus der Oberhaut des Blüthenschaftes von Arum maculatum. — II. Desgleichen aus der Oberhaut eines mehrjährigen Zweiges von Viscum album. III. Desgleichen aus der Oberhaut des Blattes von Ananassa sativa. — In den Ecken verdickte Zellen. IV. aus dem Blatte einer Jungermannia. V. aus dem Collenchym des Blattstieles von Calla aethiopica. *p* primärer Zellstoff, Hülle und Cuticula, *s* secundäre Verdickungsschichten, *t* tertiäre Hüllschicht, *c* Cuticula. Vergr. 1 : 660.

partielle Verdickung in den Ecken findet sich sehr schön in den Blättern der Lebermoose, ferner in dem sogenannten Collenchym der Dikotyledonen und Monokotyledonen (Fig. 13, IV. und V.), wofür sich fast in dem grünen Stengel einer jeden unserer krautartigen Pflanzen ausgezeichnete Beispiele finden.

Digitized by Google

Zur Beobachtung dieser Verhältnisse dienen in der Regel geeignete Querschnitte, neben denen man etwa noch radiale Längsschnitte, sowie isolirte Zellen der Betrachtung unterwerfen kann.

Schichtung der Zellstoffhülle.

Schichtenfolge. — In der Regel sind die in verschiedenen Altersstufen entstandenen, durch Einlagerung von aus dem Protoplasma ununterbrochen über der Zellhaut abgeschiedenen Zellstofftheilchen zu ihrem beobachteten Volumen herangewachsenen, dann aber individualisirten, also räumlich und physiologisch abgeschlossenen Partieen der Zellstoffhülle in ihrem optischen Verhalten verschieden (Fig. 14, a. f. S.). Aus diesem Grunde vermag man die primäre, dichtere Hülle leicht von der gewöhnlich minder dichten, am häufigsten schichtenweise abgelagerten, manchmal durch je eine optisch deutlich ausgesprochene, dichtere Schicht in mehrere Schichtencomplexe zerlegten (Fig. 14, IV. a. f. S.) secundären Verdickung zu unterscheiden, welcher noch eine jüngste, meistens leicht zu erkennende Schicht, die tertiäre Hülle, folgt.

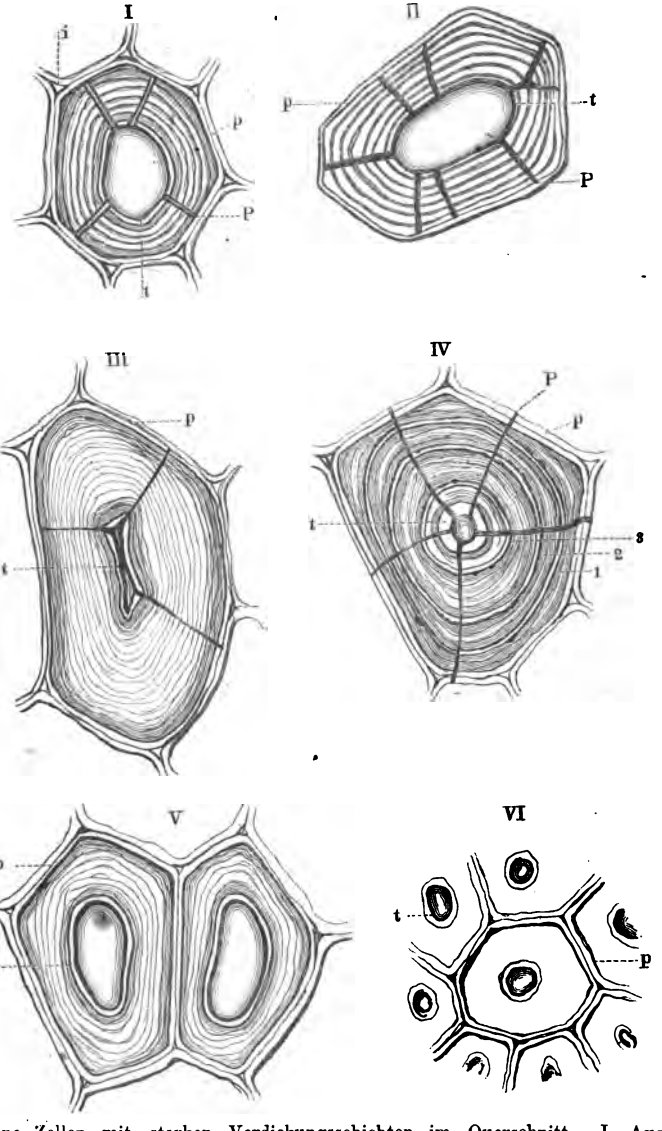
Wo die Schichtung in der secundären Hüllpartie nicht an und für sich schon sichtbar ist, da lässt sich dieselbe durch Behandlung mittelst Schwefelsäure, Aetzkalis oder Kupferoxydammoniaks, welche Mittel auch die einzelnen gröberen für sich sichtbaren Schichten wieder in mehr oder minder zahlreiche Lamellen zerfallen machen (siehe Fig. 16, II., Seite 71), zur Anschauung bringen.

Ob die Schichtung der secundären Zellstoffhülle Folge der Differenzirung einer ursprünglich gleichartigen Verdickungsmasse ist, welche sich später in verschieden wasserreiche Schichten spaltet, wie dies Nägeli annimmt, dem allerdings eine grosse Reihe von Thatsachen zur Seite steht, welche auf dem Verhalten fertiger Zustände gegen Reagentien beruhen, scheint nach meiner Erfahrung zweifelhaft. Es bietet die Beobachtung, welche sich zur Entscheidung derartiger, tief einschneidender Fragen nicht auf mehr vereinzelte, anscheinend noch so günstige Fälle zu beschränken, sondern, ohne sich durch theoretische Deductionen beirren zu lassen, über ein möglichst ausgedehntes Gebiet, namentlich auch der Entwickelungsgeschichte, zu verbreiten hat, wenigstens hierfür durchaus keine völlig stichhaltigen, dagegen mancherlei für die theilweise richtige, theilweise zu modificirende (siehe weiter unten) ältere Ansicht sprechende Anhaltspunkte. Nach letzterer ist die Schichtung das Resultat einer gewissen Periodicität in der Folge der homogenen Ablagerungsschichten, und es werden diese durch mehr oder minder breite, manchmal verschwindend schmale leere Zwischenräume von einander getrennt, welche sich auf dem Quer- oder Längsdurchschnitt der verdickten Zellstoffhülle als dunkle Linien darstellen.

Soll die Frage beantwortet werden, inwieweit die sichtbare Schichtung

Digitized by Google

Fig. 14.



Verschiedene Zellen mit starken Verdickungsschichten im Querschnitt. I. Aus dem Marke von Clematis vitalba mit deutlich unterscheidbarer primärer und tertiärer Zellhülle und ebenso geschichteter secundärer Verdickung. — II. Sehr deutlich geschichtete verholzte Parenchymzelle aus dem Stamme von Urania guyanensis. — III. Bastzelle von Larix europaea mit deutlich primärer und tertiärer Hülle und zahlreichen secundären Schichten. — IV. Bastzelle aus dem Stamme von Urania guyanensis mit deutlicher primärer und tertiärer Hülle und mehreren secundären Schichtencomplexen, welche durch dichtere, optisch scharf unterscheidbare Schichten 1, 2 u. 3 begrenzt sind. — V. Zwei Bastzellen von Cycas revoluta, bei denen primäre und tertiäre Hülle deutlich, dagegen die secundären Schichten nur schwach angedeutet sind. — VI. Holzzelle von Fagus silvatica mit ungeschichteter secundärer Verdickung. Bei allen Figuren *p* primäre, *t* tertiäre Hülle, *P* Porencanal. Vergr. 1 : 780.

Digitized by Google

auf Trennung homogener Schichten oder auf der Differenzirung des Zellstoffes in wasserarme und wasserreiche Schichten beruht, mit anderen Worten, ob die dunklen Streifen die einzelnen Schichten trennende Zwischenräume oder Dichtigkeitsstreifen sind, womit aber noch keineswegs über die Entstehung entschieden werden kann, so muss zu den Mitteln gegriffen werden, welche im ersten Bande als geeignet für die Erkenntniss der Reliefverhältnisse empfohlen wurden.

Möglichst zarte, zur Zellenachse genau senkrecht geführte Querschnitte solcher Zellen, bei denen die Schichtung recht stark ausgeprägt ist und wo etwa durch die Schichten verlaufende Porencanäle mit als Anhaltspunkte dienen können, z. B. der Markzellen älterer, noch lebender Clematisstengel, der Bastzellen mancher Begonien-Arten und Cacteen, der verdickten Parenchymzellen, aus Rinde und Mark von Hoya u. s. w. sind zu dem Ende unter Wasser sowohl, als unter stärker lichtbrechenden Flüssigkeiten, wozu sich unter anderen Canadabalsam und Anisöl empfehlen, zu betrachten. Hierbei ist zu beachten, dass die betreffenden Präparate, wegen der immerhin erfolgenden Durchdringung der Zellstoffhülle auch mittelst dieser Umhüllungsmittel, sofort zu beobachten sind, und dass dieselben nicht zu trocken sein dürfen, weil dadurch auch blosse Streifen einer vorher wasserreicheren Substanz, zu Vertiefungen werden können. Man verwendet dieselben am besten frisch und aus nicht im Safte stehenden Pflanzen entnommen. Dann ist in der Regel kein so grosser Feuchtigkeitsgehalt vorhanden, dass die tadellose Umhüllung der Oberfläche und das Eindringen von den genannten Zusatzflüssigkeiten in die leeren Räume ein Hinderniss erführe, während andrerseits der Durchdringung der Zellhülle mittelst jener Substanzen durch den vorhandenen Wassergehalt eine Schranke gesetzt ist und eine störende Eintrocknung nicht befürchtet werden braucht.

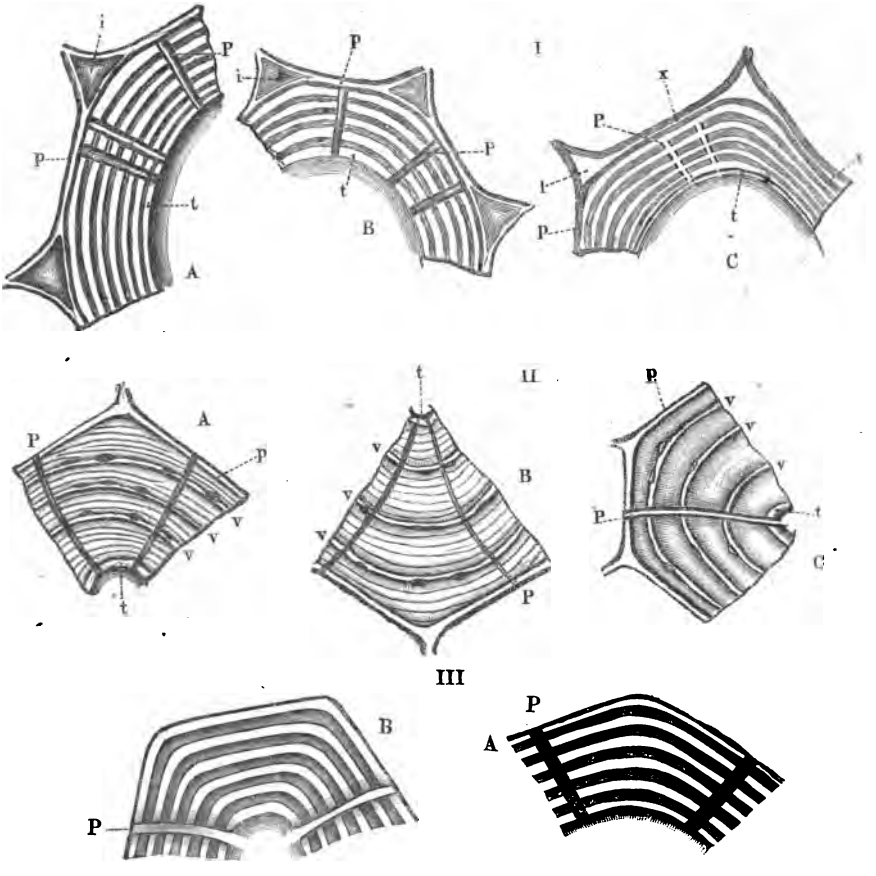
Tritt bei derartig wechselnder, unter voller Beachtung der eben gegebenen Winke vorgenommener Beobachtung keine Aenderung in den mittelst Betrachtung unter Wasser gewonnenen Anschauungen ein, wie man es bei den verschieden dichten Schichten der in (Fig. 15, II. u. III., a. f. S.) abgebildeten, theils stark eingetrockneten, theils lebenden Pflanzentheilen entnommenen Zellen beobachtet, so darf man mit Sicherheit auf Dichtigkeitsunterschiede in der Substanz als die Streifung bedingend schliessen. Macht sich dagegen eine derartige Aenderung geltend, dass bei Betrachtung unter dem der Cellulose an Brechkraft sehr nahe stehenden Canadabalsam die Streifung nahezu verschwindet, oder dass unter Anisöl, welches eine stärkere Brechkraft als Cellulose besitzt, die Reliefverhältnisse sich umkehren, wie es, soweit meine Beobachtungen reichen, normal bei den geschichteten Zellen der Fall ist, welche von eingetrockneten Pflanzentheilen herrühren und bei denen ursprünglich nur dichte Schichten vorhanden sind, wie es aber auch da vorkommt, wo die minder dichten Schichten in Folge des Eintrocknens nicht mehr sichtbar sind, wäh-

Digitized by Google

rend die dichteren sich von einander getrennt haben (Fig. 15, I.), so muss als Grund der Streifung eine blosse Unterbrechung in den Schichten angenommen werden.

Man hat hier zum Beweise der Differenzirung anfangs homogener Zellstoffhüllen in wasserreichere und wasserärmere Schichten auch die Quellungserscheinungen herangezogen, welche entweder durch Wasser (bei den Zellen der Samendecken von Cydonia, von einzelnen Cruciferen

Fig. 15.



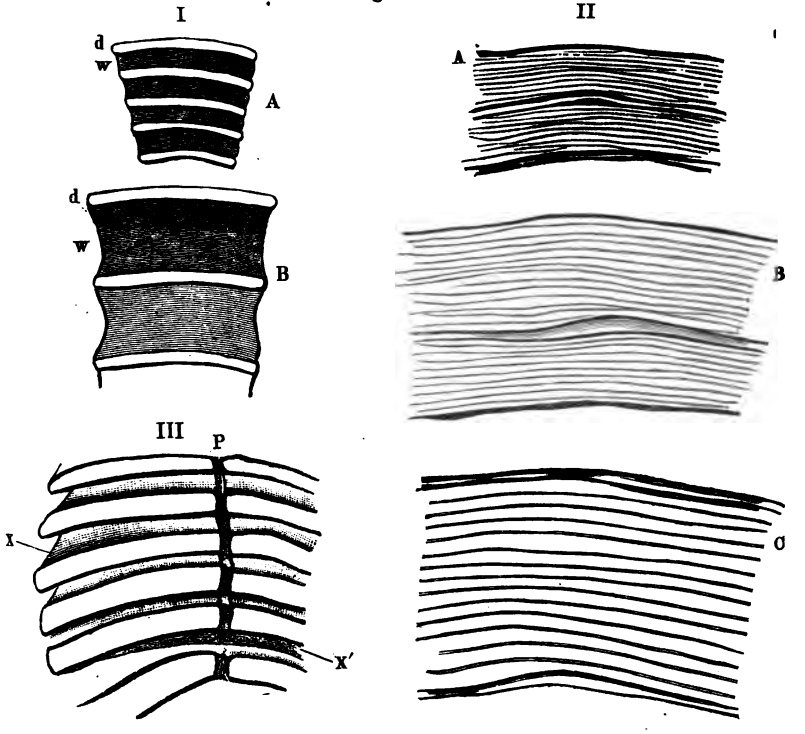
Zellen mit geschichteten secundären Verdickungen unter verschiedenen Zusatzflüssigkeiten. I. Theile aus Querschnitten von alten eingetrockneten Markzellen der Clematis vitalba. *A* unter Wasser, *B* unter Canadabalsam, *C* unter Anisöl betrachtet. — II. Desgleichen von einer Bastzelle der Urania guyanensis, *A*, *B*, *C* wie oben. — III. Querschnitt einer Bastzelle von Begonia (Gartenvarietät). *A* u. *B* wie *A* u. *C* in I. *p*, *s*, *t* primäre, secundäre und tertiäre Zellhülle, *P* Porencanäle, *i* Intercellularsubstanz, *v* die optisch differenten (dichteren) Schichten der secundären Verdickungsschichten. In der Fig. I. *C* sind die Lichtverhältnisse gegen *A* und *B* vertauscht, indem die Zwischenräume heller, die Zellstoffschichten dunkler erscheinen. Bei *xx* in I. *C* sind die Zellen auseinander getreten und die Zwischenräume mit Anisöl erfüllt. Vergr. 1 : 1200.

Digitized by Google

und Polemoniaceen), oder durch die oben erwähnten Reagentien hervorgerufen werden, und in Folge derer bei einem gewissen Grade der Einwirkung einerseits die Schichtung deutlicher hervortritt, andererseits aber auch die als dichtere (wasserarme) angesprochenen Schichten in feinere Lamellen zerlegt werden.

Hier ist nun zunächst zu beachten, dass diese Erscheinungen bei gleichartigen Schichten verschieden gedeutet werden können, je nachdem man eben von verschiedenen Voraussetzungen über die feinere Structur der Zellstoffhülle, also von verschiedenen, immerhin theoretischen, physikalischen Prämissen ausgeht, welche offenbar gleiche Berechtigung haben. In dieser Beziehung lässt sich also die Quellung nicht mit Erfolg verwerthen. Dagegen erlangt sie Bedeutung, wenn es zu ermitteln gilt, ob eine Zelle gleichartige oder ungleichartige Schichten gebildet hat, und welcher Unterschied für letzteren Fall in der Dichtigkeit der beiden

Fig. 16.



I. Einige unter dem Einflusse von Schwefelsäure gequollene Schichten einer Markzelle von Clematis, *A* nach kürzerer, *B* nach längerer Einwirkung. II. Desgleichen aus einer verdickten Parenchymzelle in der Umgebung der Gefässbündel von Urania, wobei die ursprünglich homogen erscheinenden Schichtencomplexe in die einzelnen gleichartigen Schichten zerlegt sind. *A* und *B* zwei Schichtencomplexe, *C* ein Complex. — III. Partie einer schief durchschnittenen gleichen, an der linken Seite eingerissenen Zelle im Anfange der Quellung, *xx* Seitenflächen der Schichten. Vergr. 1 : 500.

Digitized by Google

je eine Schicht zusammensetzenden Lamellen stattfindet. Für einen gegebenen Fall, in dem andere Beobachtungsweisen keinen genügenden Aufschluss geben, hat man dann zu ermitteln, in welcher Weise die Quellung erfolgt, d. h. ob die Volumenzunahme sich vorzugsweise in den dunkleren Partieen geltend macht (Fig. 16, I. *A*, *B*, a. v. S.), wodurch diese sich als die weniger dichten erweisen, oder ob dieselbe nur in den stärker lichtbrechenden Partieen auftritt (Fig. 16, II. *A* bis *C*), wodurch das Vorhandensein gleichartiger, durch leere Zwischenräume getrennter Schichten dargethan wird. Um die letztere Aufgabe mit Sicherheit zu lösen, achte man darauf, dass die betreffenden, möglichst feinen Querschnitte genau senkrecht geführt werden, was bei in die Länge gestreckten Zellen leicht ausführbar ist. Schiefe Schnitte durch fadenförmige oder cylindrische, ebenso Diametralschnitte durch sphäroidische Zellen, namentlich dann, wenn diese nicht möglichst annähernd eine Mittellamelle bilden, veranlassen nämlich leicht Täuschungen, indem bei gleichartigen Schichten die geneigten Seitenwände dieser sich optisch ähnlich verhalten, als ob Lamellen von ungleicher Dichtigkeit vorhanden wären. Dieser störende Factor lässt sich indessen da, wo er nicht umgangen werden kann, leicht in Rechnung ziehen, wenn man das Verhalten derjenigen Stellen genau beachtet, an denen die Schichten während der Quellung radial eingerissen werden (Fig. 16, III.).

Hat man passende Querschnitte der Einwirkung des entsprechenden Reagenses ausgesetzt, so gilt es, die verschiedenen Momente der Quellung in Bezug auf die auftretenden Volumveränderungen festzuhalten, was entweder mittelst aufeinanderfolgender Messungen oder durch genaue Zeichnung der verschiedenen Quellungszustände zweier benachbarter, fest ins Auge gefasster Schichten geschieht (Fig. 16).

Entstehung der Schichten. — Um die Entwickelungsgeschichte der Verdickung insbesondere der optisch unterscheidbaren Zellhüllpartieen und der Schichtung zu studiren, welche allein zur Entscheidung der Frage führen kann, ob diese Structurverhältnisse in der Differenzirung wasserreicherer und wasserärmerer Lamellen in der anfänglich homogenen Zellstoffhülle, oder in der Aneinanderlagerung (Apposition) gleichartiger oder ungleichartiger, aus je einer dichteren und einer weniger dichten Lamelle bestehenden, Schichten ihren Grund haben, eignen sich in lebhaftem Wachsthum begriffene Pflanzen am besten.

Man beginnt die betreffenden Untersuchungen dann mit den jüngsten Internodien jähriger Stengel oder Triebe, und steigt nach und nach zu den älteren hinab.

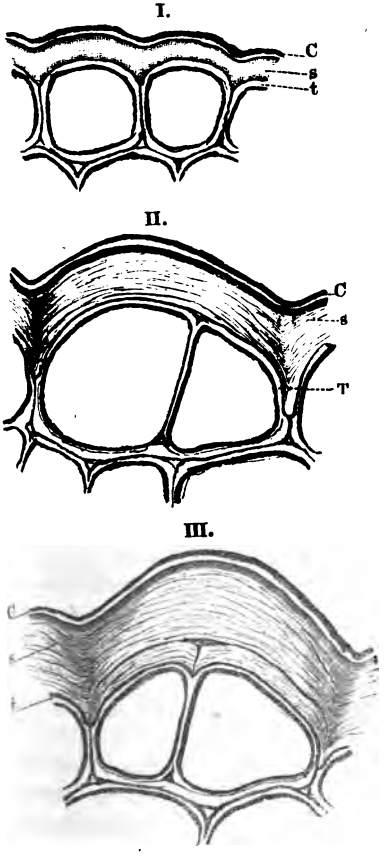
Ein geeignetes Object für die Entwickelungsgeschichte der einseitigen Verdickung bieten die Blätter- und Stengeltriebe der Mistel (Viscum album), Fig. 17, bei denen man häufig auf solche Zustände treffen wird, wo innerhalb schon verdickter Epidermiszellen Tochterzellen gebildet wurden (Fig. 17, II. u. III.), in Folge dessen die Ablagerung der Ver-

Digitized by Google

dickungsschichten eine Unterbrechung erlitten hat und sich für die neugebildeten Zellen gesondert fortsetzt.

Für den Verfolg der bei den meisten Holzzellen auftretenden allseitigen Verdickung ohne sichtbare Schichtenbildung der secundären Hülle, wo sonach die letztere durch continuirliche Ausscheidung und Einlagerung flüssiger oder halbflüssiger Zellstoffhüllchen ihr Wachsthum vollendete, oder wo — was gemäss des durch später erfolgende, im Ablauf der Lebensperiode bedingte, oder von Aussen hinzugebrachte Einwirkungen (Reagentien) hervorgerufenen Sichtbarwerdens der Schichtung als für andere Fälle begründet erscheint — entweder aus nur wenig differenten, optisch nicht unterscheidbaren Lamellen bestehende, oder homogene Schichten entstanden, von denen die nächstjüngere zu einer Zeit sich entwickelte, in der die im Alter vorhergehende noch eine weichere Beschaffenheit besass, welche ein innigeres, die Trennungslinie auf ein für unsere Hilfsmittel nicht erkennbares Maass herabdrückendes Adhäriren gestattete, sind kräftige Triebe sowie Wurzeläste der Nadelhölzer besonders geeignet, und hat man dabei namentlich die Zellen in dem äusseren Theile des jüngsten Jahresringes ins Auge zu fassen. Man entnimmt dieselben vom Anfang oder Mitte Juni an in kürzeren höchstens 3- bis 4-tägigen Perioden und verwendet sie entweder im frischen Zustande zur Untersuchung, oder bewahrt sich dieselben in genau mit dem betreffenden Datum bezeichneten Gläsern in Alkohol auf. Man wird dann bei Beobachtung von verschiedenen Altersstufen entnommenen Querschnitten finden, wie in den radial von Innen nach Aussen sich folgenden Zellenreihen ein ununterbrochen dauerndes, mit einer allmälig von der primären Zellstoffhülle her erfolgenden Verholzung verbundenes, in den

Fig. 17.



Drei Entwickelungszustände der Cuticularschichten von Viscum album, I. aus einem ganz jungen Zweige, II. aus einem einjährigen Zweige, III. aus einem älteren Zweige. *C* Cuticula, *s* secundäre und primäre, *t* tertiäre Zellhülle. Vergr. 1 : 720.

Digitized by Google

Ecken der Zellen etwas stärker hervortretendes Dickerwerden der secundären Hülle erfolgt, nach dessen Ablauf die stärker lichtbrechende tertiäre Hüllschicht abgeschieden wird.

Zum Studium der allseitigen Verdickung mit sichtbarer Schichtenbildung in der secundären Zellstoffhülle wähle man solche Pflanzen- und Zellenarten, bei denen erstere nur ganz allmälig erfolgt. Unter den letzteren sind es namentlich die Bastzellen und verdickten Markzellen, unter ersteren, soweit meine Erfahrungen reichen, vorzugsweise manche Apocyneen und Asclepiadeen, sowie Clematis und Viscum, welche passende Präparate liefern. Cynanchum vincetoxicum und Periploca graeca fand ich neben den beiden letztgenannten Pflanzen von jenen besonders geeignet zu lückenloser Verfolgung der Entwickelungsgeschichte, da bei ihnen eine regelmässige Folge von den jüngeren zu älteren Internodien stattfindet. Weniger passend erschien Nerium, wo die Verdickung in den sich folgenden Internodien nicht immer gleichmässig über die ganze Bastgruppe erfolgt, so dass einzelne Zellengruppen unverdickt geblieben sind, andere starke secundäre Verdickungsmassen abgelagert haben, welche aber im jugendlichen Alter ungeschichtet erscheinen und wohl in derselben Weise entstanden sind, wie jene der eben besprochenen Holzzellen. Das Gleiche gilt von solchen verdickten Parenchymzellen, welche in Mark und Rinde vorkommende Gruppen bilden, deren einzelne Individuen sich ungleichzeitig ausbilden. So erscheinen z. B. die schon stark verdickten secundären Hüllen der bekannten Markzellen von Hoya carnosa auf ganz jungen frischen Zweigen entnommenen Schnitten, so lange sie noch nicht verholzt sind und sich mit Chlorzinkjodlösung weinroth, mit Jod und Schwefelsäure blau färben, ganz homogen, während die Schichtung, die bei allen schon verholzten Zellen derselben Gruppe deutlich erscheint, hervortritt, wenn man die betreffenden Zweige vor Anfertigung der Schnitte stark eintrocknen, oder auf Querschnitte von frischen Zweigen Schwefelsäure einwirken lässt.

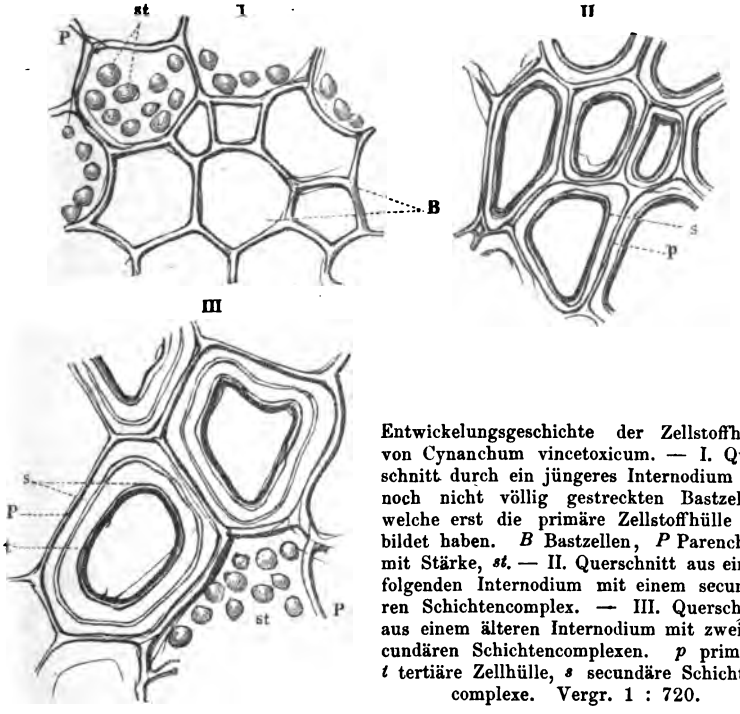
Als Beispiel mögen die Verdickung der Bastzellen von Cynanchum vincetoxicum und der Markzellen von Clematis vitalba dienen. Fertigt man Querschnitte aus den zwei jüngsten Internodien der ersteren Pflanze, so findet man die Bastzellen nur mit der primären Zellstoffhülle (Fig. 18, I. *B*), und es macht sich hier in Bezug auf die Altersfolge nur der Unterschied geltend, dass in dem jüngsten Internodium nur wenige Zellen einem Bündel angehören und diese sich noch hie und da in Theilung befinden, während sich in dem älteren schon die volle Anzahl der das fertige Bastbündel zusammensetzenden Zellen eingefunden hat. Steigt man jetzt mit den Querschnitten zu dem nächstälteren Internodium hinab, so erscheint, mag man den Querschnitt am oberen oder unteren Ende des Internodium nehmen, über der primären Zellstoffhülle der erste, durch eine optisch sich von der übrigen unterscheidende, dichtere, innerste Schicht abgeschlossene Schichtencomplex der secundären Verdickung abgelagert (Fig. 18, II.).

Das nächst tiefere Internodium zeigt die Vollendung eines zweiten

Digitized by Google

Schichtencomplexes, der nach dem Lumen der Zelle von der sogenannten tertiären Membran abgegrenzt wird (Fig. 18, III.), und damit erscheint bei dieser Pflanze die Verdickung vollendet.

Fig. 18.



Entwickelungsgeschichte der Zellstoffhülle von Cynanchum vincetoxicum. — I. Querschnitt durch ein jüngeres Internodium mit noch nicht völlig gestreckten Bastzellen, welche erst die primäre Zellstoffhülle gebildet haben. *B* Bastzellen, *P* Parenchym mit Stärke, *st.* — II. Querschnitt aus einem folgenden Internodium mit einem secundären Schichtencomplex. — III. Querschnitt aus einem älteren Internodium mit zwei secundären Schichtencomplexen. *p* primäre, *t* tertiäre Zellhülle, *s* secundäre Schichtencomplexe. Vergr. 1 : 720.

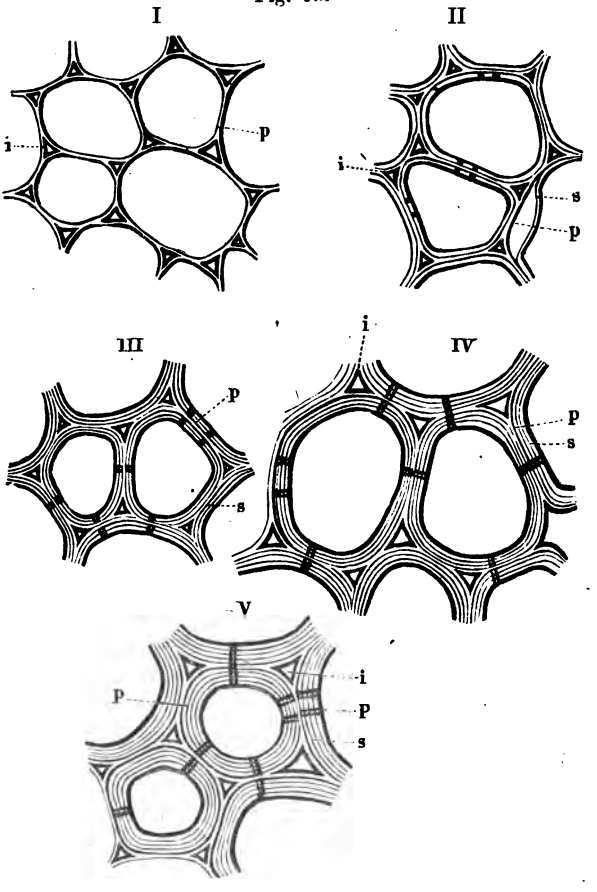
Ganz gleiche Entwickelungszustände zeigt Periploca, und lassen sich ähnliche auch in verschieden alten Internodien von Nerium auffinden. Stehengebliebene Entwickelungszustände, welche die verschiedene Folge der Schichtencomplexe erkennen lassen, fand ich namentlich sehr schön bei einem Stammstück von Urania guyanensis in den Bastbündeln, und waren hier die jeden einzelnen periodischen Schichtencomplex abgrenzenden dichteren Schichten vorzugsweise deutlich ausgeprägt, worüber namentlich die Beobachtung im polarisirten Lichte den zweifellosesten Aufschluss gewährte.

Der Stengel von Clematis zeigt in allen jenen Internodien, welche ihre Streckung noch nicht vollendet haben, in denen also die Zellen noch in Ausdehnung begriffen sind, unverdickte Zellen im Marke, welche nur ihre primäre Zellstoffhülle entwickelt haben (Fig. 19, I. u. VI., a. f. S.). Sobald die Streckung vollendet ist, beginnt die Verdickung der Zellstoffhülle in den Zellen des nicht der Auflösung anheimfallenden Markringes, und es ist leicht, dieselbe von Glied zu Glied zu verfolgen. Zuerst be-

Digitized by Google

obachtet man die Ablagerung nur einer, aus einer äusseren weniger dichten und einer inneren dichteren Lamelle bestehenden, bald verholzenden

Fig. 19.



Entwickelungsgeschichte der Verdickungsschichten der Markzellen von Clematis vitalba. I. bis V. aus fünf aufeinander folgenden Internodien. *i* Intercellularraum, die sonstige Bezeichnung wie in der vorigen Figur. Vergr. 1 : 720.

secundären Schicht über der primären Zellstoffhülle (Fig. 19, II. u. VII.), und sowie man um ein Stengelglied weiter nach abwärts steigt, eine Vermehrung um je eine neue, gleich beschaffene Schicht (Fig. 19, III. bis V. u. VIII. bis X.). Es findet also eine ganz entschiedene Periodicität der Ablagerung statt, welche sich in regelmässiger Weise bis etwa in das sechste bis achte Stengelglied abwärts (von dem ersten völlig gestreckten aus) erhält. Später machen sich allerdings einzelne Unregelmässigkeiten geltend, indem in noch tieferen Internodien sich nur einzelne Zellen noch stärker verdicken, so dass man in dem Marke älterer Stengel neben

Digitized by Google

Zellen mit 6 und 7 Verdickungsschichten solche mit 9 bis 10 derselben antrifft.

Literatur: Die Lehrbücher von Schleiden, H. v. Mohl, Unger u. Schacht besprechen diese Verhältnisse bei der Structur und Verdickung der Zellstoffhülle.

H. v. Mohl: In Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz. 1836. Vermischte Schriften. S. 314. Ueber den Bau der vegetabilischen Zellmembran. Botanische Zeitung 1844. S. 273. Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle.

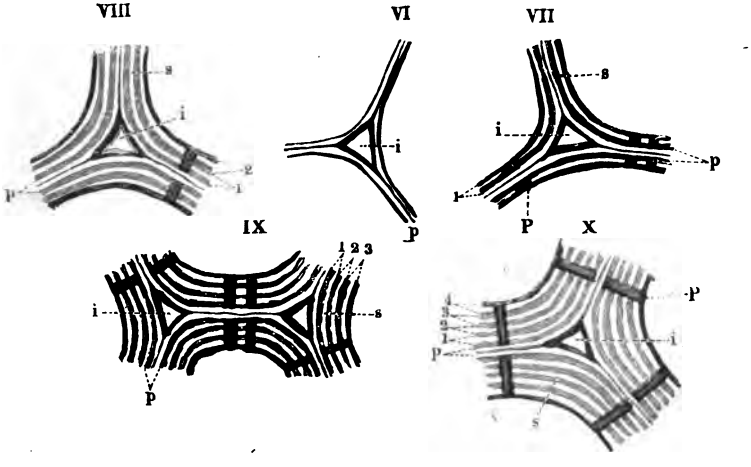
Harting, in Mulder: Versuch einer physiologischen Chemie und Botanische Zeitung. 1846. S. 64. (Auszug aus Scheikondige Onderzoekingen.) Botanische Zeitung. 1847. S. 237. Brief an H. v. Mohl.

H. v. Mohl: Botanische Zeitung 1846, S. 337. Ueber das Wachsthum der Zellmembran. — Botanische Zeitung 1847, S. 497. Untersuchung der Frage, bildet die Cellulose die Grundlage der etc.?

Dippel: Beiträge zur Lösung der Frage: Kommt der Zellmembram bloss ein Wachsthum von Aussen nach Innen zu, oder besitzt dieselbe zugleich ein solches von Innen nach Aussen? Botanische Zeitung 1851, S. 499.

Schacht: Beiträge zur Anatomie und Physiologie, S. 235. Ueber die Verdickungs-

Fig. 19.



Entwickelungsgeschichte der Verdickungsschichten der Markzellen von Clematis vitalba. VI. bis X. Bruchstücke der obigen Zellen bei stärkerer Vergrösserung, um die Differenz der Schichtenlamellen nachzuweisen.

weise der Zellwand; 2. Erfolgt die Bildung der Verdickungsschichten auf der Aussenseite der primären Zellwand etc.?

Nägeli: Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembran. Sitzungsbericht der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften 1864. 1. IV. S. 282, und 2. II. S. 114.

Formverhältnisse der secundären Verdickungsschichten.

Die secundären Verdickungsschichten bei allseitiger Ablagerung bilden wohl niemals ganz zusammenhängende Lamellen, wie es bei der

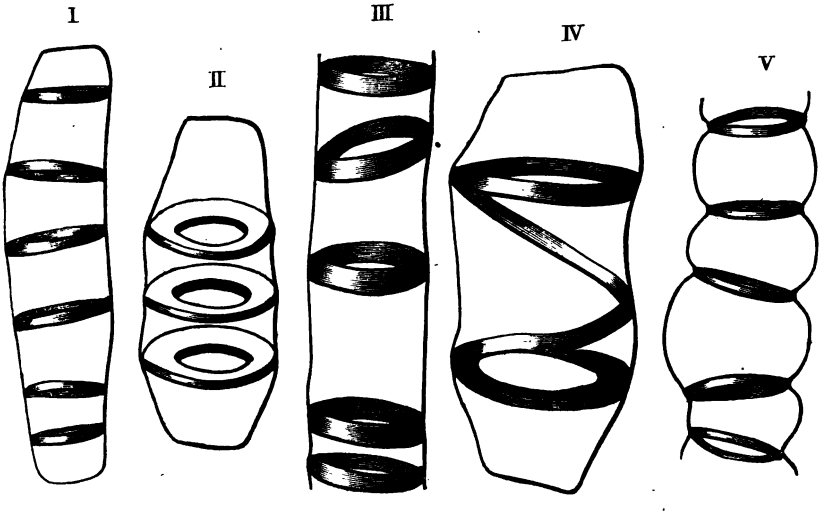
Digitized by Google

einseitigen Verdickung am häufigsten vorkommt. Soweit meine Beobachtungen reichen, erscheinen immer einzelne, mehr oder minder ausgedehnte Strecken, bloss von der primären Zellstoffhülle gebildet, unverdickt. Die Formen, unter denen die Verdickung auftritt, sind mannigfacher Art, doch lassen sich im Allgemeinen die ringförmige, spiralige, netzförmige, poröse und siebförmige als Hauptformen unterscheiden.

Ringförmige Verdickungsschichten. — Die ringförmige Verdickung der Zellstoffhülle tritt nur hie und da in parenchymatischen und faserförmigen Zellen auf, so z. B. in den Zellen des Blattes von Sphagnum und der Kapselwand der Lebermoose, wo sie neben der folgenden erscheint, in den Zellen des Parenchyms und Holzes mancher Cacteen u. s. f. Häufiger findet sie sich in den ältesten zuerst entstandenen Gefässen der Phanerogamen und höheren Kryptogamen.

Es bildet hier die Ablagerung eine in sich selbst zurücklaufende, bald ganz horizontale, bald geneigte Schicht, welche meistens mehr bandförmig erscheint (Fig. 20, I.), hie und da aber auch sich plattenartig

Fig. 20.



Verschiedene Ringzellen; I. aus der Kapselwand von Pellia epiphylla mit dünnen Verdickungsschichten, II. aus Opuntia Tuna mit plattenförmigen Ringen, III. aus Arundo donax mit in verschiedener Weite und verschiedener Neigung gestellten stark verdickten Ringen, IV. aus Opuntia, mit Ringen, welche in ein Spiralband übergehen, V. aus Balsamina hortensis mit tonnenartig erweiterter primärer Hülle zwischen den Ringen. Vergr. 1 : 400.

mehr oder minder weit in das Innere der Zellen erstreckt, wie z. B. bei den Holzzellen der Cacteen (Fig. 20, II.). Die Stellung der Ringe selbst

Digitized by Google

wechselt mannigfach, bald stehen sie in regelmässiger Reihenfolge in weiteren oder kürzeren Abständen, bald ist die Reihenfolge eine mehr unregelmässige und es wechseln kürzere mit weiteren Abständen ab (Fig. 20, III.). Sehr oft geht in ein und derselben Zelle die ringförmige Verdickungsweise in die spiralige über, wofür sich in den Parenchymzellen der Opuntien, namentlich aber in den Gefässen der meisten Monokotyledonen (Canna, Tradescantia, Musa u. s. w.), der wilden (Impatiens noli tangere) und Gartenbalsamine (Balsamina hortensis), des Kürbis u. s. w. zahlreiche Beispiele finden (Fig. 20, IV.).

Einen eigenthümlichen Bau der Ringgefässzellen beobachtet man häufig bei Musa und den beiden Balsaminen, indem dieselben zwischen den Verdickungsschichten eigenthümlich tonnenförmig angeschwollen sind (Fig. 20, V.).

Spiralige Verdickungsschichten. — Die spiralige Verdickungsweise (Fig. 21), welche manchmal nur einseitig, d. h. derart ausgebildet ist, dass sie auf einer oder der anderen Seite der betreffenden Zelle in eine homogene secundäre Verdickung übergeht (Zellen der Lebermooskapsel- und Antherenwände), tritt sowohl in parenchymatischen, als in Gefässzellen, ausserdem in den Schleudern der Lebermoose sehr schön entwickelt auf.

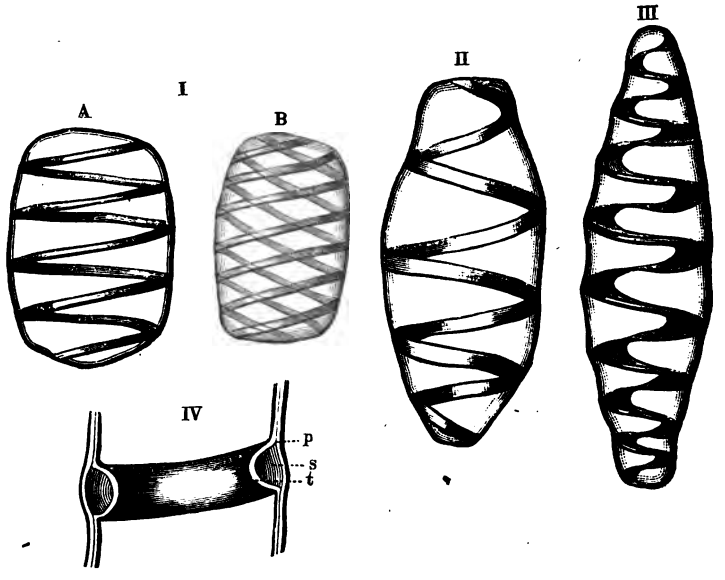
Von den ersteren gewähren die schon erwähnten Zellen des Sphagnumblattes, die unter der Epidermis der Antheren liegenden grossen Spiralfaserzellen (sehr schön bei dem Kürbis, der Lilie, Tulpe), ferner die Zellen aus den Samendecken mancher Labiaten (Salvia, Ocimum u. s. w.), Compositen, (Taraxacum), Polemoniaceen, Laurineen und Hydrocharideen schöne Beobachtungsobjecte, von denen man die letzteren am besten unter Alkohol untersucht, weil das Wasser Quellungserscheinungen hervorruft, welche die Beobachtung stören. Unter den Gefässzellen sind es die der Markscheide zunächst gelegenen, im Alter den ringförmig verdickten folgenden, welche spiralige Verdickungsschichten bilden. Sehr weite Spiralgefässzellen findet man vorzugsweise in den Monokotyledonen (Musa, Canna, Arum, Scindapsus, Phragmites, Tradescantia, Hyacinthus u. s. w.), sodann in den Balsaminen.

Man hat bei den spiralförmigen Verdickungsschichten vorzugsweise auf die Neigung und Richtung ihrer Windungen zu achten. Die erstere zeigt sich als eine bald mehr, bald minder steile, und kann selbst in eine beinahe senkrechte Stellung übergehen. In einzelnen Fällen erscheint sie sogar veränderlich, indem sie entweder an verschiedenen Seiten (vorn und hinten z. B.) oder auf verschiedenen Höhen derselben Zelle wechselt. Die letztere ist — auf das mikroskopische Bild bezogen — in den meisten Fällen eine linksläufige, d. h. es steigt die Spiralfaser von oben betrachtet von Rechts nach Links in die Höhe. (Andere Schriftsteller nennen diese Richtung rechtsläufig, indem sie die Steigung auf die Achse der Spirale beziehen und z B. eine Spirale für rechts gewunden erklären,

Digitized by Google

wenn man beim Aufsteigen jene zur Rechten hat. Ich halte indessen die gebrauchte Bezeichnungsweise für die anschaulichere). In mehr vereinzelten Fällen trifft man jedoch auch auf rechts gewundene, d. h. von der Linken zur Rechten aufsteigende Spiralen, und zeigt sich sogar ein Wechsel der Richtung in verschiedenen Zellen derselben Pflanze, mögen die-

Fig. 21.



Verschiedene Spiralfaserzellen; I. *A* und *B* aus der Antherenwand von Cucurbita pepo mit einfachem und doppeltem Spiralbande, II. aus Opuntia Tuna mit stark verdicktem, III. aus Mamillaria spec. mit plattenförmigem Spiralbande. — IV. Theil des Längendurchschnitts einer Spiralgefässzelle von Impatiens, um die Structur des Spiralbandes zu zeigen. *p* und *t* primäre und tertiäre Zellhülle, *s* secundäre Verdickungsschicht. Vergr. von I. bis III. 1 : 400, von IV. 1 : 1000.

selben der nämlichen senkrechten Zellenreihe oder verschiedenen Zellenreihen angehören.

Einen zweiten Punkt, der zu beachten ist, bietet der Bau der Spiralfaser selber. Wo dieselbe in hinreichender Mächtigkeit abgelagert ist, wie z. B. bei Phragmites, Arundo, Impatiens, Balsamina u. s. w., da erkennt man bei ihr denselben Bau, wie bei den Zellstoffhüllen überhaupt, d. h. man unterscheidet leicht eine äussere der primären Zellstoffhülle aufgelagerte und eine innere, die secundäre umschliessende, die tertiäre Verdickungsschicht, welche sich in minderer Dicke auch über die ganze Innenfläche der Zelle fortsetzt (Fig. 21, IV.). Der Zahl der Spiralbänder, welche in einer und derselben Zelle vorkommen, endlich ist die Aufmerksamkeit ebenfalls zuzuwenden. Häufig findet sich nur ein einzelnes, öfter noch begegnet man zwei und in manchen Fällen (Musa, Arum) drei bis

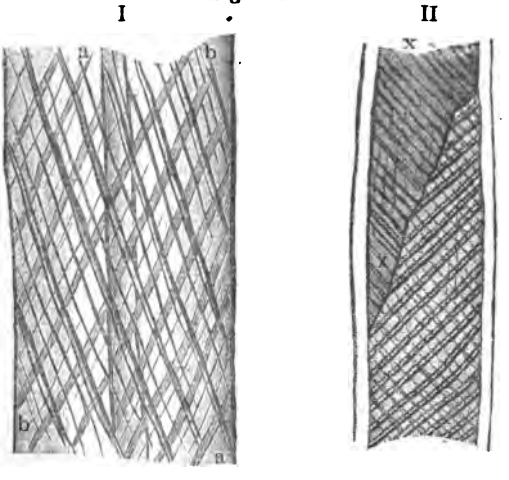
Digitized by Google

mehreren Bändern, so dass sich die an der vorderen und hinteren Wand aufsteigenden ein- bis mehremal kreuzen (Fig. 21, I. *B*).

Eine eigenthümliche spiralige Verdickung trifft man in den Bastzellen der Apocyneen, Asclepiadeen und Urticeen, von Larix, Calamus Rotang u. s. w., dann in den Holzzellen der Coniferen und zwar vorzugsweise in dem äusseren Theile des Jahresringes, hie und da aber, und dann besonders schön, auch in abnorm verdickten Zellen der inneren Theile einzelner, sich auf dem Durchschnitt mittelst röthlicher Färbung kenntlich machenden Jahresringe des Astholzes an. Hier sind die spiralig verlaufenden Verdickungsschichten in schmäleren oder breiteren Bändern abgelagert, und lassen nur ganz schmale, gleichsam streifenartige unverdickte Stellen zwischen sich. Man hat diese Verdickungsweise, welche einzelne Forscher, wie Meyen, Crüger, Agardh, zu der Ansicht verleitete, dass die Zellstoffhülle aus sogenannten Primitivfasern zusammengesetzt sei, als Streifung der Zellwand bezeichnet, könnte sie aber mit triftigerem Grunde bandartig spiralige Verdickung nennen.

Bei dieser Ablagerungsform kommt für einzelne Arten aus den erstgenannten Familien (Nerium, Cynanchum, Vinca u. s. w.) in verschiedenen Schichtencomplexen links- und rechtswendige Aufsteigung vor, so dass eine wirkliche Kreuzung der Spiralbänder stattfindet (Fig. 22, I.), während bei anderen, z. B. Asclepias syriaca (ob immer?), bei den Bastzellen von Calamus, sowie bei den Holzzellen nur eine einseitswendige Spirale erscheint, und eine Kreuzung nur scheinbar auftritt, wenn man bei Ma-

Fig. 22.



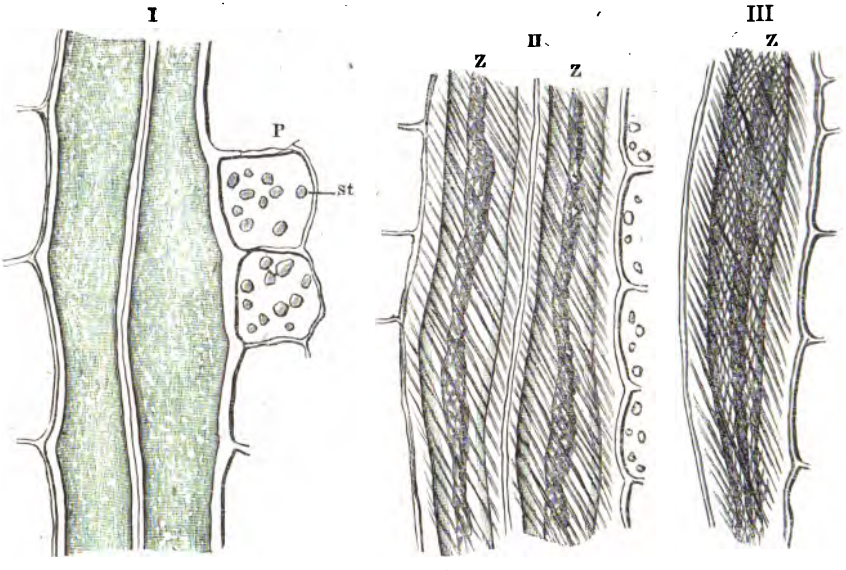
Streifung der Zellstoffhülle. I. Theil einer Bastzelle von Nerium Oleander, *a a* die links aufsteigenden Spiralbänder des äusseren, *b b* jene des inneren secundären Schichtencomplexes. — II. Bruchstück einer abnorm verdickten Holzzelle aus dem inneren Theile des Jahresringes von Pinus silvestris (Astholz) mit rechts aufsteigendem, den inneren secundären Schichten und der tertiären Hüllschicht angehörendem Spiralbande. Bei *x x* wird nur die untere Wand der theilweise durchschnittenen Zelle gesehen. Vergr. 1 : 900.

Digitized by Google

cerationsproducten, die in der Regel etwas zusammenfallen, etwa auf den optischen Durchschnitt der Zelle eingestellt hat (Fig. 22, II.).

Ein sorgfältiger Gebrauch der feinen Einstellung ist zur sicheren Erkenntniss der hier obwaltenden Structurverhältnisse auf das Dringendste zu empfehlen. Entscheidende Aufschlüsse lassen sich indessen am sichersten durch die Entwickelungsgeschichte der Verdickungsschichten, und zwar entweder mittelst passender Längsschnitte oder mittelst macerirten und isolirten Zellen erlangen. Diese liefert den Beweis, dass die primäre Zellstoffhülle immer ungestreift erscheint (Fig. 23, I.), der erste Complex der secundären Schichten eine einfache Streifung zeigt (Fig. 21, II.)

Fig. 23.



Entwickelungsgeschichte der Streifung der Zellhülle. I. Junge Bastzellen aus Cynanchum vincetoxicum mit protoplasmatischem feinkörnigem Wandbelege und homogener primärer Membran. — II. Bastzellen, welche den ersten links aufsteigend gestreiften Schichtencomplex gebildet haben. — III. Eine Zelle mit zwei Schichtencomplexen, von denen der äussere links, der innere rechts aufsteigende Streifung zeigt. *Z* die Primordialzelle mit Inhalt, *P* Parenchym mit Stärke, *st.* Vergr. 1 : 800.

und die rhomboidische Felderung erst mit der Ablagerung des zweiten Complexes letzterer auftritt (Fig. 23, III.). Ausserdem liefern die mittelst Schwefelsäure, Kupferoxydammoniak u. s. w. hervorgerufenen Quellungserscheinungen, namentlich aber auch feine die eine oder andere der betreffenden Zellen halbirende Längsschnitte passende Anhaltepunkte für die Lösung der noch etwa bleibenden Zweifel (Fig. 22, II. *x*).

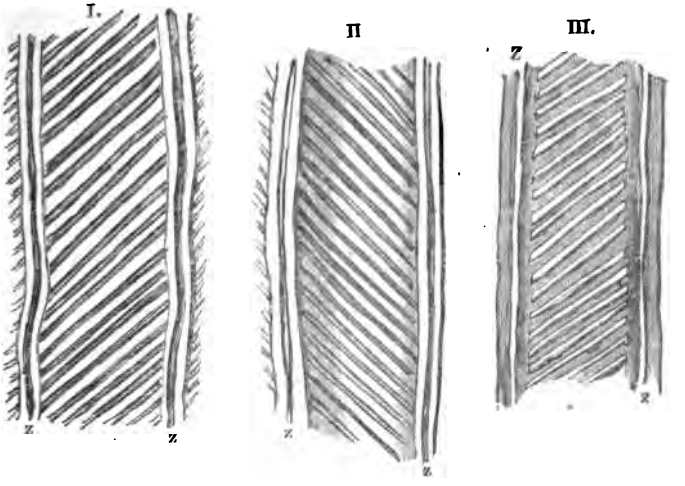
Nägeli betrachtet dieses Structurverhältniss, ähnlich wie die Schichtenstreifung, als Product einer Differenzirung des Zellstoffes in eine was-

Digitized by Google

serreiche und wasserarme Modification (siehe die unten citirte Abhandlung).

Zur Entscheidung der Frage, ob die schmaleren, dunklen Streifen durch unverdickte Stellen oder Dichtigkeitsunterschiede hervorgerufen werden, die aber hier nicht wohl einer eingehenderen Erörterung unterworfen werden kann, ist die auf Seite 6 angerathene Beobachtungsweise einzuschlagen. Am besten verwendet man feine, schon durch den Durchschnitt der seitlich gelegenen Wandtheile (Fig. 22, II.) in einzelnen Fällen ganz entschiedene Aufschlüsse gewährende Längsschnitte, durch welche die Zelle geöffnet wird und der Zusatzflüssigkeit ein freier Zugang in das Innere gestattet ist, und beobachtet dieselbe in Wasser, Canadabalsam und Anisöl. Ausserdem empfiehlt sich hier auch die Beobachtung scharf getrockneter Präparate in Luft, wozu man neben Längsschnitten auch durch Maceration isolirte Zellen verwenden kann. Die Entscheidungsgründe bleiben dieselben, wie oben bei der Schichtung, d. h. man hat auf Substanzverschiedenheiten zu schliessen, wenn die optischen Verhältnisse sich unter den verschiedenen Zusatzflüssigkeiten unverändert erhalten oder wenn in der Luft die Streifung undeutlich wird oder verschwindet, es sind dagegen Verdickungserscheinungen anzunehmen, wenn, wie es, soweit meine

Fig. 24.



Bruchstücke dreier Zellen aus dem Astholze von Pin. silv. mit verschiedenen Zusatzflüssigkeiten und zwar: I. in Luft, II. unter Canadabalsam, III. unter Anisöl beobachtet (während Fig. 44 II. als Typus dieser Configuration unter Wasser und wässerigen Flüssigkeiten gelten kann. I. und III. Ansicht der oberen, II. Ansicht der unteren Wand, *z*, *z* durch Auflösung der InterceHularsubstanz hervorgerufene Zwischenräume. Vergr. 1 : 1200.

Beobachtungen reichen, wirklich der Fall ist, die optischen Verhältnisse sich den umgebenden Flüssigkeiten gemäss ändern, unter Luft die dunkelen Streifen stärker hervortreten, unter Canadabalsam nahezu ver-

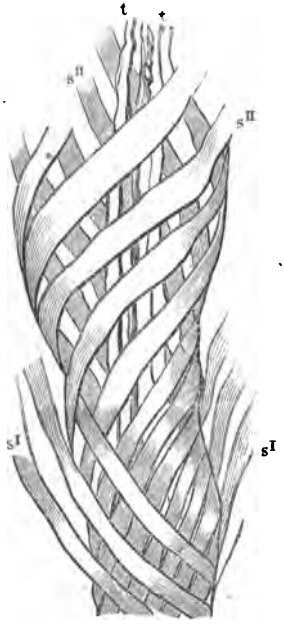
Digitized by Google

schwinden, unter Anisöl sich in glänzende Streifen verwandeln, während die Verdickungsbänder dunkler erscheinen.

Die Quellungserscheinungen, bei denen sich meistens die durch die verschiedene Dichtigkeit der Schichtlamellen hervorgerufenen mit den in den einzelnen Spiralbändern eintretenden combiniren und bei denen man nur selten den Verlauf der letzteren möglichst ungetrübt beobachten kann (Fig. 25), können hier wenig entscheidend werden (Fig. 25).

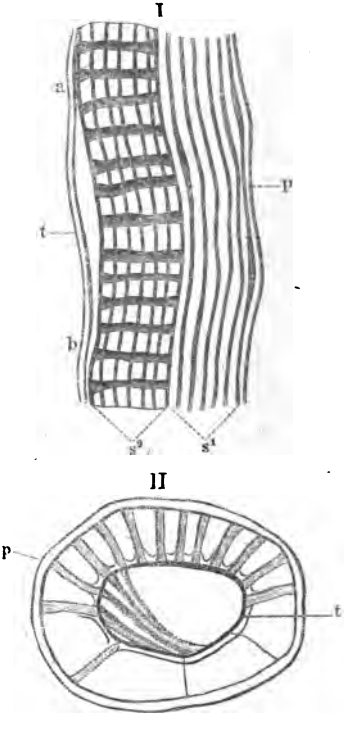
Dagegen liefert die Betrachtung von günstig gerichteten (etwas schiefen, zur Richtung der Spirale senkrechten Längs- und Querschnitten den Beweis, dass man es hier mit einer Verdickungsform zu thun hat. Wo dieselbe vorhanden ist (Fig. 26, I.), fehlt nämlich in den durch die Nichtverdickung der Zellstoffhülle veranlassten Stellen die Schichtung, welche in den Durchschnitten der Verdickungsbänder deutlich hervor-

Fig. 25.



I. Eine Bastzelle von Nerium Ol., mit Kupferoxyd-Ammoniak behandelt. $s's'$ Spiralbänder der äusseren, $s''s''$ dergleichen des inneren Schichtencomplexes, die ersteren beinahe gelöst, die anderen in Lösung begriffen. t tertiäre Zellschicht. Vergr. 1 : 800.

Fig. 26.



I. Ein etwas schief geführter Längsschnitt einer Bastzelle von Nerium. p primäre, t tertiäre Hüllschicht, s^1 äusserer, s^2 innerer secundärer Schichtencomplex, in dem die Schnittrichtung nahezu senkrecht zur Streifung, die Einstellung bei b genau, bei a minder scharf ist, so dass im letzteren Bezirke auch die unverdickten Stellen geschichtet scheinen. II. Schiefer Querschnitt einer abnorm verdickten gestreiften Zelle des Frühlingsholzes von Pinus silv., bei dem die tertiäre Hülle t nur in den hellen den Verdickungsbändern entsprechenden Stellen zu beobachten ist. Vergr. 1 : 1500.

Digitized by Google

tritt, gänzlich. Es treten daher bei genauer Einstellung die unverdickten Partieen, je mehr die Schnittrichtung senkrecht zur Spirale, desto entschiedener und deutlicher als ununterbrochen verlaufende Streifen hervor (Fig. 26, I. s^2 bei *b*). Wo dagegen sichtbare Schichtung fehlt und die unverdünnten Stellen etwas breiter sind, wie bei den erwähnten Holzzellen der Coniferen, da kann man entweder das Eindringen der jüngsten, stärker lichtbrechenden Verdickungsschicht in die, Porencanälen ähnlichen, Unterbrechungsstellen der secundären Verdickung oder doch deren alleiniges Vorkommen an dem Innenrande der Spiralbänder auf das Deutlichste erkennen (Fig. 26, II.) *).

Inwieweit die an manchen Algen (Cladophora, Chaetomorpha, Valonia, Chamaedoris u. a.) beobachteten Streifungen hierher gehören, erscheint mir fraglich, da ich zur Entscheidung des nöthigen Materials entbehre.

Bei Cladophora fracta, wo die Längsstreifung entschieden der Scheide d. h. der älteren Mutterzellhüllengeneration angehört und sich über die einzelnen Zellen forterstreckt, wird dieselbe, soviel ich zu beurtheilen vermag, durch Faltung hervorgerufen, wie dies von Caspery auch für andere Zellmembranen nachgewiesen wurde. Für die Untersuchung dieser Verhältnisse ist indessen die eben beschriebene Beobachtungsweise einzuschlagen.

Netzförmige Verdickungsschichten. — In den parenchymatischen Zellen sind die netzförmigen Verdickungsschichten weit häufiger zu beobachten, als die spiralförmigen. Man trifft dieselben in dem Blattgewebe mancher Gesneriaceen, Liliaceen, in den Spiralfaserzellen der Lebermooskapseln und Antheren, in dem Collenchym des Hollunders, in den Samendecken der Seite 73 genannten Familien. Vereinzelt habe ich sie auch wunderschön in dem Rindengewebe der Gartenbalsamine gefunden. In den Gefässzellen fehlen dieselben bei den Dikotyledonen ebensowenig, als die spiralförmigen Formen, wogegen sie bei den Monokotyledonen oft nicht vorhanden zu sein scheinen.

Bei den ersteren Pflanzen folgen die Gefässzellen mit netzförmigen Verdickungsschichten stets im Alter denen mit Spiralbändern, und bieten namentlich die Balsamine, der Kürbis und die als Zierpflanze überall verbreitete Brugmansia suaveolens (Datura arborea) sehr vortreffliche Objecte für die Beobachtung.

Poröse Verdickungsschichten. Die poröse Verdickungsweise hat von allen die weiteste Verbreitung, und es findet sich wohl kaum eine Zellenart höherer Gewächse, bei der man sie nicht beobachtet. Sie tritt sowohl bei sehr zarten, als bei starken secundären Verdickungsschichten auf. Während bei den ersteren, wofür die meisten Parenchymzellen Bei-

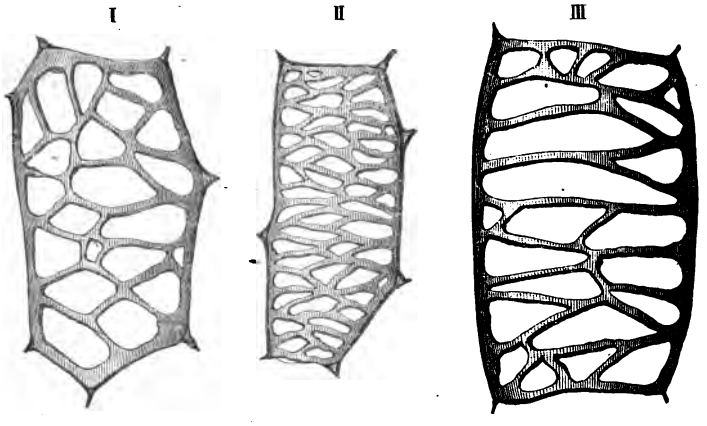
*) Auf dies letztere Verhalten machte ich meinen verstorbenen Freund Schacht schon vor dem Erscheinen der dritten Auflage des Mikroskopes aufmerksam, ohne dass er bei dem schon vollendeten Druck diese Mittheilung noch hätte berücksichtigen können.

Digitized by Google

spiele liefern, die Poren in Form eines kleinen, flachen Ringes erscheinen, lassen die anderen auch von oben betrachtet einen tieferen cylindrischen oder spaltenförmigen Canal, den sogenannten Porencanal, bemerken.

Man kann die Poren ihrem Baue nach in zwei grosse Abtheilungen bringen, von denen die eine die geschlossenen, die andere die offenen Poren umfasst. Ursprünglich sind alle Poren geschlossen, d. h. es

Fig. 27.



Netzförmig verdickte Zellen. I. Parenchymzelle aus dem Blatte von Sanseriera guyanensis. — II. Parenchymzelle aus der häutigen Scheide der Frucht von Iuglans regia. — III. Gefässzelle aus dem Stengel von Impatiens noli tangere. Bei allen dreien wurde die obere Wand gezeichnet. Vergr. von I. u. II. 1 : 660, von III. 1 : 370.

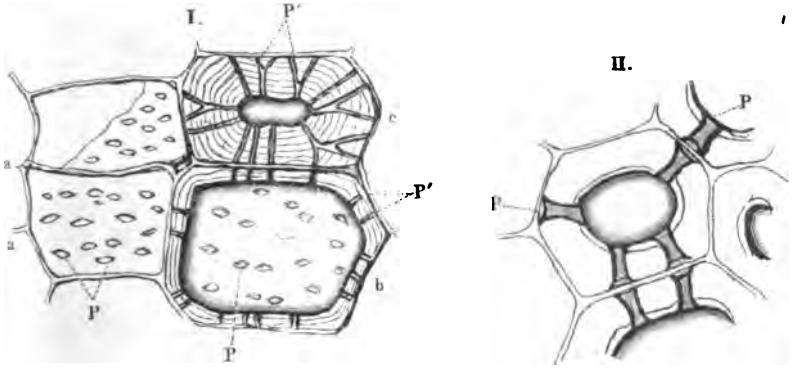
werden die Porencanäle, welche bei den sich berührenden Zellen stets miteinander correspondiren, von den primären Zellstoffhüllen geschieden. Der offene Porus entsteht, wo er vorkommt, erst später, wenn die betreffenden Zellen nur Luft führen, durch Resorption der primären Zellstoffhülle.

Geschlossene Poren finden sich bei allen den Zellenarten, welche bestimmt sind, Reservestoffe zu bereiten und aufzubewahren. Sie gehören vorzugsweise dem Parenchym an und werden bei demselben nie vermisst. In der Regel ist der Porencanal cylindrisch (Fig. 28, I.); hie und da verengert er sich nach Aussen und erscheint dann conisch; in anderen Fällen (Fig. 28, II.) erweitert er sich gegen den Grund etwas. Am Grunde sind auch die geschlossenen Poren etwas erweitert, so dass die eigentliche Oeffnung noch von einem zweiten Kreise umschlossen, behöft erscheint, wovon man sich namentlich durch Anwendung starker Vergrösserung — bei höchst gelungenen Schnitten — oder durch die Betrachtung von Oben überzeugen kann. Bei sehr stark verdickten Parenchymzellen verästeln sich die Porencanäle oft in der mannigfaltigsten Weise (Fig. 28, I.), was bei passenden Schnitten äusserst zierliche Bilder

Digitized by Google

gewährt. Solche verästelte Porencanäle trifft man vorzugsweise in den stark verdickten und verholzten Parenchymzellen der steinigen Concre-

Fig. 28.



Poröse Zellen mit geschlossenen Poren. I. Markzellen aus Hoja carnosa, bei *aa* schwach verdickt und unverholzt, bei *b* stärker, bei *c* sehr stark verdickt und verholzt. $'P\,P'$ Poren von oben gesehen, $P'\,P'$ Porencanäle. — II. Albumenzelle nebst Theilen der angrenzenden Zellen von Phytelephas mit am Ausgange etwas erweiterten Porencanälen *PP*. Vergr. 1 : 370.

tionen der Winterbirne, der Samenschale des Steinobstes, der Wallnuss, des Markes und der Rinde von Hoya carnosa, der Rinde mancher Laub- und Nadelhölzer (Esche, Tanne u. s. w.) (Fig. 28), ferner in den Albumenzellen von Phytelephas.

Offene Poren, deren Porencanal am Grunde immer mehr oder minder deutlich erweitert ist, die also auch stets behöfte Poren (oder nach manchen Autoren behöfte Tüpfel) bilden (Fig. 29, I.), findet man bei allen jenen Zellenarten, welche, nachdem sie eine bestimmte Ausbildung erreicht und ihre sämmtlichen Verdickungsschichten gebildet haben, nur Luft führen. Sie sind bei den meisten Holzzellen und nach meinen Beobachtungen allen Bastzellen sowie bei sämmtlichen Gefässzellen des Holztheiles der Gefässbündel zu finden. Häufig wird allerdings, namentlich bei den Bastzellen, sowie bei manchen Holzzellen, die Erweiterung am Grunde so unbedeutend und somit der Hof so klein, dass er einer minder sorgfältigen Beobachtung entgeht und man etwa von scheinbar unbehöften Poren sprechen könnte.

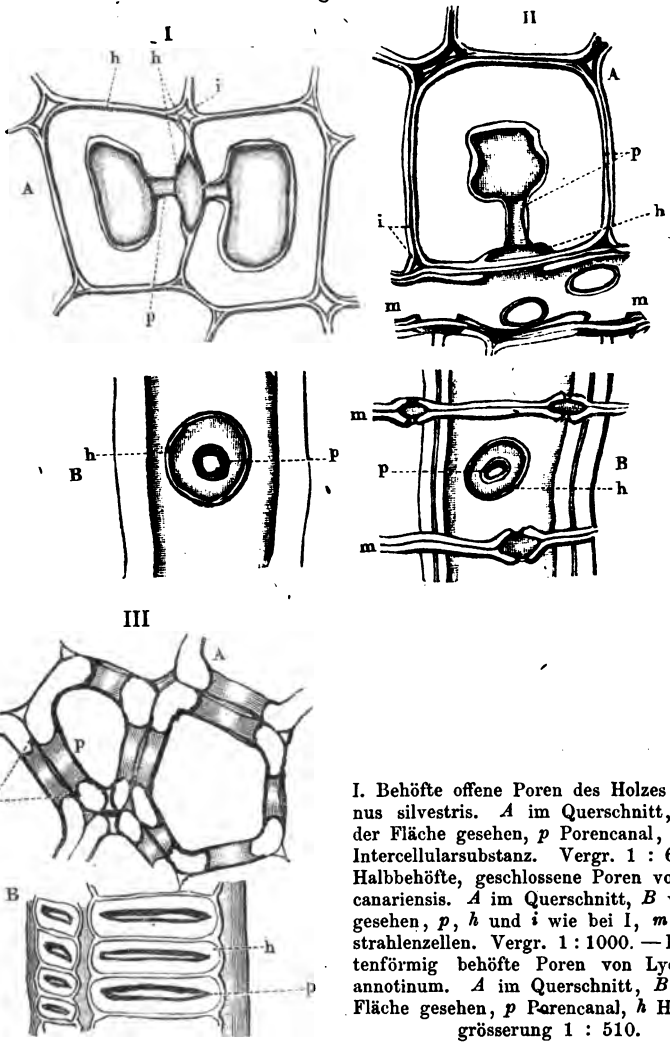
Bei den Gefässzellen treten die behöften, offenen Poren ausser auf den Seitenwänden auch auf der Querscheidewand entweder als kleinere (Ephedra) oder grössere (Esche, Buche, Ahorn u. s. w.) auf, und stellen so die offene Communication derselben her.

Halb behöfte, geschlossene Poren, bei denen bloss der eine Porencanal am Grunde deutlich erweitert, der andere nahezu von der Weite des Hofes ist, zeigen sich bei den vorgenannten Zellenarten überall da, wo dieselben an Parenchymzellen grenzen (Fig. 29, II., a. f. S.).

Digitized by Google

Erscheint der Hof sowohl, als der Porencanal bedeutend in die Länge gestreckt, so entsteht jene poröse Verdickungsform, welche man als die

Fig. 29.



I. Behöfte offene Poren des Holzes von Pinus silvestris. *A* im Querschnitt, *B* von der Fläche gesehen, *p* Porencanal, *h* Hof, *i* Intercellularsubstanz. Vergr. 1 : 660. II. Halbbehöfte, geschlossene Poren von Pinus canariensis. *A* im Querschnitt, *B* von oben gesehen, *p*, *h* und *i* wie bei I, *mm* Markstrahlenzellen. Vergr. 1 : 1000. — III. Spaltenförmig behöfte Poren von Lycopodium annotinum. *A* im Querschnitt, *B* von der Fläche gesehen, *p* Porencanal, *h* Hof. Vergrösserung 1 : 510.

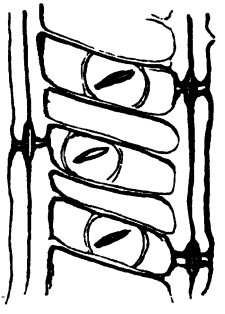
treppen- oder leiterförmige bezeichnet hat (Fig. 29, III.), zu der auch die gleichbenannte Durchbrechung der Gefässscheidewand bei Viburnum, Buxus, Lonicera u. s. w. zu rechnen ist. Dieselbe tritt namentlich bei den Gefässzellen der höheren Kryptogamen und Monokotyledonen auf. Sie findet sich aber auch an den Gefässzellen in der Markscheide der Nadelhölzer, sodann an den porösen Gefässen vieler Dikotyledonen, wie des

Digitized by Google

Weinstockes und Gummibaumes (Urostigma elasticum, Ficus elastica), der Balsamine, des Schöllkrautes u. s. w.

Ungleichartige Verdickungsschichten. — Eine eigenthümliche Vereinigung der porösen Verdickungsform mit der spiralförmigen, deren wir schon vorübergehend gedacht haben, findet sich bei manchen Holz- (Taxus, Viburnum Lantana, Cytisus u. s. w.) und Gefässzellen (Tilia, Lonicera, Viburnum, Lantana, Acer u. s. w.). Hier entsteht nach der Ausbildung der behöften Poren ein weit gewundenes Spiralband als tertiäre Verdickungsschicht (Fig. 30).

Fig. 30.



Theil einer spiralig-porösen Gefässzelle von Lonicera caprifolium. Vergr. 1 : 660.

Leistenartige und andere Verdickungsschichten. Einige eigenthümliche Verdickungsformen finden sich — von den nach Aussen auftretenden mannigfaltigen Verdickungsweisen der Pollen- und Sporenzellen, welche wir später näher betrachten werden, abgesehen — in dem Parenchym der Blätter einiger Nacktsamer, in den Oberhautzellen mancher Blumenblätter, sowie in den Oberhaut- und Haarzellen einzelner Pflanzen. Bei den ersteren, und zwar bei Pinus silvestris und Cycas revoluta bilden die Verdickungsschichten auf dem Querschnitt mehr oder minder weit in das Lumen vorspringende Zapfen oder halbrunde Hervorragungen, indem sie sich entweder (Pinus silvestris), ähnlich wie bei den Poren der Holzzellen, auf einer Falte der primären Zellstoffhülle oder (Cycas) auf deren Fläche unmittelbar stärker abgelagert haben (Fig. 31, I. u. II., a. f. S.). Der Längsschnitt lässt dann auch erkennen, dass man es hie und da wirklich mit grossen Ringen zu thun hat, die den Poren auf dem Blatte der Sphagnum-Arten gleichen, in anderen, und zwar den meisten Fällen dagegen Längsfalten gebildet werden, während bei Cycas solide, der ganzen Zellenlänge folgende, nach oben sich etwas verdickende Leisten vorhanden sind (Fig. 31, II., *B*).

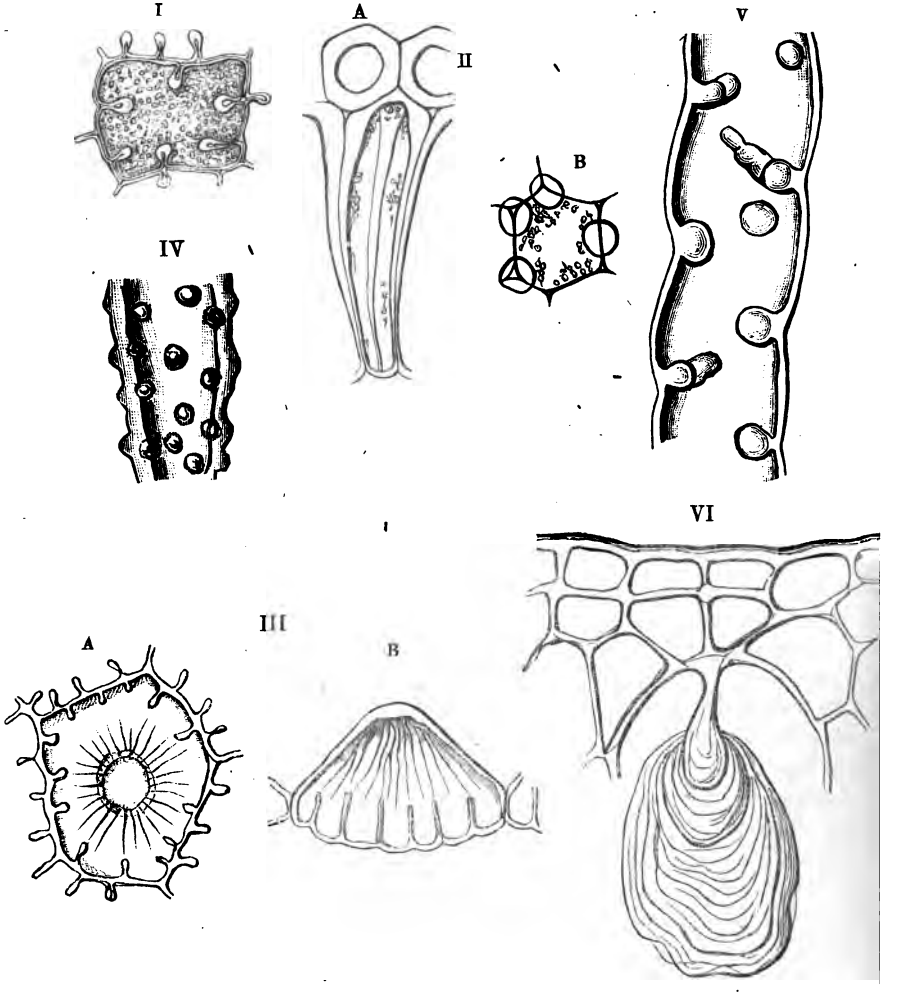
Bei den Blumenblättern sind es vorzugsweise die papillenartigen Oberhautzellen, welche eine der eben beschriebenen ähnliche Faltung der primären Zellstoffhülle nebst secundärer Ablagerung zeigen, welche mehr oder minder weit in das Zelleninnere reicht. Besonders schön fand ich dieselben bei den Pelargonien, wo sich von den am Grunde befindlichen, weniger zahlreichen Vorsprüngen, zahlreichere feinere Fäden nach dem ziemlich stark verdickten Gipfelpunkt der Papille ziehen, der auf dem Flächenschnitt fast wie ein mit Plasmafäden umgebener Zellkern erscheint (Fig. 31, III.).

Bei den Haargebilden bestehen die verdickten Stellen aus knotenförmigen, bald unregelmässig zerstreuten, bald in an eine Spirale erinnernde

Digitized by Google

Reihen geordnete Hervorragungen nach Aussen (Fig. 31, IV.), oder nach Innen (Wurzelhaare von Marchantia) (Fig. 31, V.). In den Oberhautzellen der Blätter vieler Urticeen, Moreen und Justicien endlich ist die

Fig. 31.



I. Zelle aus dem Querschnitte der Nadel von Pinus silvestris mit scheinbar kolbenartiger Verdickung der Zellstoffhülle. — II. Cylindrische Parenchymzelle nebst angrenzenden Zellen aus der Oberseite des Blattes von Cycas revoluta mit leistenartigen Verdickungsschichten. *A* im Längsschnitt, *B* im Querschnitt. — III. Eigenthümlich verdickte Oberhautzellen des Blumenblattes von Pelargonium. *A* von oben gesehen, *B* im Querschnitt — IV. Theil einer warzig verdickten Haarzelle aus der Oberhaut des Blattes von Deutzia scabra. — V. Theil einer Wurzelhaarzelle von Marchantia polymorpha mit nach Innen vorspringender warziger Verdickung. — VI. Traubenkörper aus dem Blatte von Urostigma elasticum. Vergr. 1 : 370.

Digitized by Google

Verdickung gleichsam auf einen Punkt der Zellstoffhülle beschränkt, wuchert dann aber so bedeutend, dass verhältnissmässig massige sphäroidische oder spindelförmige Zellstoffkörper (Cystolithen) entstehen, welche von Kalkkryställchen inkrustirt erscheinen (Fig. 31, VI.).

Zum genauen Studium der verschiedenen Structurverhältnisse der secundären Verdickungsschichten müssen für Parenchym, Holz und Bast sämmtliche drei Arten von höchst gelungenen Schnitten, bei den Blattgebilden neben Durchschnitten Streifen der Oberhaut, welche entweder mittelst einer Pincette abgezogen, oder durch einen Flächenschnitt gewonnen sind, verwendet werden. Ausserdem aber ist es erforderlich, die betreffenden Zellen sowohl zur Beobachtung des rein optischen Verhaltens, als der Reactions- und Quellungserscheinungen durch Maceration aus ihrem Verbande zu lösen, unter dem einfachen Mikroskope auszusuchen und durch Drehung um ihre Achse von allen Seiten zu betrachten.

Wo die secundären Verdickungsschichten in so geringer Mächtigkeit abgelagert sind, dass man die verdünnten Stellen poröser und hie und da auch netzförmiger Zellen nicht klar genug erkennt, da gewährt die Färbung der Zellstoffhülle mittelst Chlorzinkjodlösung, oder Jod-Jodkaliumlösung und Schwefelsäure in der Regel die gewünschte Aufklärung, indem die verdickten Stellen eine intensivere, die verdünnten eine schwächere Färbung zeigen, so z. B. bei den netzförmig verdickten Zellen aus dem Stengel der Gartenbalsamine.

Entstehung der Verdickungsformen.

Entstehung der spiraligen und netzförmigen Verdickungsschichten. — Die Entstehung der spiraligen sowohl, als der netzförmigen Verdickungsschichten habe ich in neuerer Zeit auf das Ueberzeugendste erkannt und gefunden, dass dieselbe mit den Wandströmchen des Protoplasmas im Zusammenhang steht. Eine weitläufigere Darlegung der Entwickelungsgeschichte habe ich an einem anderen Orte mitgetheilt. Hier muss ich mich auf die einfache Andeutung der Stufenfolge im Entwickelungsgange beschränken, und kann nur die einschlägigen Untersuchungen als ein fruchtbares, wenn auch schwieriges Feld mikroskopischer Beobachtung empfehlen.

Als die geeignetsten Objecte zu letzterer möchten sich wohl die Schleuderzellen der Lebermoose erweisen, und hat man dieselben von ihrer ersten Differenzirung an bis zur völligen Ausbildung des Spiralbandes zu studiren. Gleich brauchbare Objecte bieten sich in den Spiralfaserzellen aus der Kapselwand der Lebermoose, sowie aus der Wand der Antheren, in denen die Ablagerungsschichten erst dann entstehen wenn dieselben schon ein ziemlich grosses Volumen erreicht haben. Die Antheren der Lilien sowie des Kürbis sind wegen ihrer Grösse und leichten Beschaff-

Digitized by Google

barkeit besonders empfehlenswerth. In den Gefässzellen, wo die Spiralfasern schon sehr früh in den jüngsten Internodien entstehen, ist die Beobachtung, wenn irgend möglich, immer höchst schwierig durchzuführen. Ein geeignetes Material bieten jedoch solche Pflanzen, wo die betreffenden Verdickungsschichten auch noch in späteren Stadien entstehen, wenn die betreffenden Zellen schon eine ziemlich bedeutende Ausdehnung erreicht haben. Dieses ist namentlich der Fall bei den weiten Spiralgefässen der Gartenbalsamine, ebenso bei den netzförmigen Gefässen dieser Pflanze und der Brugmansia suaveolens. Auch bei den Gefässen der Linde und des Geissblattes lässt sich vielleicht der Entwickelungsprocess bei den als tertiäre Verdickungsschicht auftretenden Spiralbändern im Cambium verfolgen.

Die Schleuderzellen in der jungen Frucht von Fegatella conica sind, solange sie noch wenig in die Länge gestreckt erscheinen, mit einem gleichmässigen Stärkekörnchen einschliessenden Wandbelege von Protoplasma erfüllt; sobald die Streckung etwas weiter fortschreitet, entstehen in dem letzteren grössere und kleinere Vaccuolen, in denen man schon eine Andeutung der Richtung der späteren Wandströme erkennt (Fig. XXVI, I.). Zellen in einem Entwickelungsstadium der Fig. XXVI, II. u. III. zeigen eine entschieden spiralige Anordnung des Protoplasmas, wobei sich in der feinkörnigen Masse nur noch kleinere, vereinzelte Stärkekörner befinden, die allmälig verschwinden, so dass der langsam sich bewegende Wandstrom nun aus einer mehr feinkörnigen Masse besteht, die, wo sie der ursprünglichen Zellhaut sich anlagert, mehr und mehr homogen wird. Lässt man auf solche Entwickelungszustände ein endosmotisches Reagens wirken, so zieht sich die ursprüngliche Zellhaut (Primordialschlauch) sammt den Protoplasmaströmchen zusammen, ohne dass die letzteren eine wesentliche Störung erleiden (Fig. XXVI, IV.). Etwas spätere Zustände lassen das aus Zellstoff bestehende zarte Spiralband in schwachen Umrissen erkennen (Fig. XXVI, V.) und es bleibt dasselbe als homogene, bandartige Schicht an der Zellstoffhülle haftend, wenn man den Inhalt sammt der ursprünglichen Wand von derselben ablöst (Fig. XXVI, VI.). Nach einiger Zeit verschwindet der körnige Inhalt vollständig und es hat dann das doppelte Spiralband seine Ausbildung erreicht (Fig. XXVI, VII.). In ganz ähnlicher Weise wie bei Fegatella conica erfolgt die Bildung des Spiralbandes in den Schleudern der Pellia epiphylla.

Als ein weiteres Beispiel der hier in Frage kommenden Entwickelungsvorgänge füge ich noch in den Figuren XXVII, I. bis VII. und XXVIII, I. bis III. die Entstehung der Verdickungsschichten in den Zellen der Kapselwand von Marchantia und in den netzförmigen Gefässzellen der Balsamine bei, worüber die Erklärung der Tafel den erforderlichen Aufschluss gewähren wird, und verweise für das Weitere auf meine unten citirte Arbeit.

Für die Beobachtung der Entwickelungsgeschichte dieser und ähnlicher Structurverhältnisse sind nicht zu zarte, unverletzte Zellen enthal-

Digitized by Google

tende Schnitte parallel mit der Achse der Kapsel und quer durch die Antheren, sowie ähnlich beschaffene Längsschnitte aus dem Stengel der genannten Pflanzen zu nehmen. Als Zusatzflüssigkeit empfehlen sich die Seite 271 u. flgd. des ersten Bandes genannten, weil schon die geringste Störung im Inhalte der Zellen die Beobachtung beeinträchtigt.

Entstehung der Poren. — Die Entwickelungsgeschichte der behöften, offenen Poren ist erst in der neueren Zeit in das gehörige Licht gesetzt worden. Man studirt dieselbe mit dem meisten Erfolge in der Cambiumschicht von Wurzeln oder kräftigen Trieben unserer Nadelhölzer, weil da die Poren- und Höfe verhältnissmässig sehr gross sind. Zarte Quer- und Tangentenschnitte lassen daselbst alle Entwickelungsstufen von der ersten schwachen Einfaltung der primären Zellstoffhülle an durch die, mittelst weiter fortschreitender Einfaltung erfolgende Verbreiterung des Hofraumes und Verengerung des Porencanales bis zur Vollendung der Poren mit ihren in Folge der secundären Wandverdickung immer enger gewordenen Porencanälen und zur Resorption gelangten Scheidewänden erkennen (Fig. 32, I., a. f. S.). Radiale Längsschnitte tragen ausserdem wesentlich zum Verständniss der an den ersten Arten von Schnitten gewonnenen Resultate bei (Fig. 52, II., a. S. 96). Für die Entstehungsgeschichte der grossen Poren, vermittelst welcher die Gefässscheidewände durchbrochen werden, eignet sich namentlich die Esche, die Felsenbirne sowie der Ahorn u. s. w. und zwar wählt man am besten die engeren in dem äusseren Theile des Jahresringes sich entwickelnden Gefässe.

Die Entwickelungsgeschichte der geschlossenen Poren stimmt im Wesentlichen mit der der offenen überein. Lässt auch die Betrachtung fertiger Zustände die Verhältnisse in kaum genügender Weise erkennen, so geben doch — wie ich mich bei Clematis zu überzeugen Gelegenheit hatte — die frühesten Entwickelungszustände, welche der Ablagerung der ersten secundären Verdickungsschicht vorausgehen, den erforderlichen Aufschluss und beweisen, dass die Anlegung der Poren auch hier von der primären Zellstoffhülle ausgeht.

Eigentliche Löcher der Zellstoffhülle ohne vorhergegangene Porenbildung finden sich nur bei den Sporenmutterzellen der Algen und Pilze (Oedogonium, Vaucheria, Spirogyra, Saprolegnia, Peronospora u. s. w.). Die früher für Löcher gehaltenen Oeffnungen in den Zellen des Sumpfmooses sind wahre offene und behöfte Poren, wie man sich namentlich durch deren Entstehungsgeschichte überzeugen kann, indem sie ursprünglich durch die zarte primäre, erst später resorbirt werdende Zellstoffhülle geschlossen sind.

Purkinje: De cellulis antherarum fibrosis etc. Breslau 1830.
H. v. Mohl: Ueber die fibrosen Zellen der Antheren. Flora 1830. S. 697; und Vermischte Schriften S. 62.
H. v. Mohl: Erläuterung und Vertheidigung etc. 1836.
Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. I, S. 12 u. flgd. 1837.

Digitized by Google

H. v. Mohl: Untersuchungen über die porösen Zellen von Sphagnum. Dissertation 1837. Vermischte Schriften, Seite 294. — Ueber den Bau der vegetabilischen Zellmembran. Dissertation 1837. Vermischte Schriften, S. 314.

Schleiden: Wiegmanns Archiv 1839, Bd. I, S. 253, und Beiträge zur Botanik, S. 60 u. 81. Ueber den Bau der Zellmembran bei Moosen und Lebermoosen. Ueber die Spiralzellenschicht in der Frucht der Laurineen.

Derselbe: Bemerkungen über Spiralbildungen in den Pflanzenzellen. Flora 1839, Nro. 47. 48. Beiträge zur Botanik, S. 185.

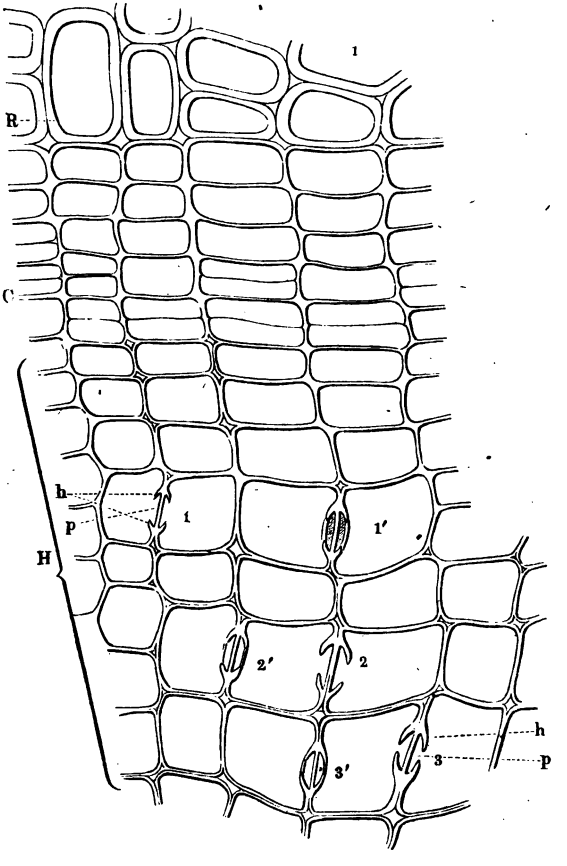
H. v. Mohl: Ueber den Bau der Ringgefässe. Flora 1839. Vermischte Schriften S. 285.

Pringsheim: De forma et incremento stratorum crassiorum in plantarum cellula observationes quaedam novae. Linnaea 1848, S. 145.

Agardh: De cellula vegetabili febrilis tenuissimis contexta. Lundae 1852.

H. v. Mohl: Ueber die Zusammensetzung der Zellmembran aus Fasern. Botanische Zeitung 1853, S. 753.

Fig. 32 I.



Entstehung der Poren der Holzzellen von Pinus silvestris. I. Querschnitt, II. radialer Längsschnitt durch einen jungen Trieb. *B* Bast, *C* Cambium, *H* Holz, *mm* Markstrahlen, 1 u. 1′ die jüngsten Zustände der Poren, *h* eben gebildete Falte der primären Zellstoffhülle, *p* die primäre Zellhülle, welche die Scheidewand bildet, 2 und 2′ weiter fortgeschrittene Poren mit breiterem Hofe. 3 u. 3′ Poren mit fertigem Hofe, so dass die

Digitized by Google

Caspary: Ueber Streifung der Zellwand, verursacht durch Wellung. Bot. Zeitung 1853, S. 801.

H. Crüger: Die Primitivfaser. Botanische Zeitung 1854, S. 57 u. 833.

Schacht: Ueber die Verdickungsweise der Zellwand. 1. Welcher Art ist die Bildung der Verdickungsschichten, sind es wirklich Primitivfasern u. s. w.? und 3. Sind die Formen der Verdickungsschichten, die Spiralbänder, Ringe u. s. w. allein als die Folge der Lebenserscheinungen etc. zu betrachten, oder u. s. w.? Beiträge zur Anatomie und Physiologie 1854, S. 221 u. 248.

H. Crüger: Zur Entwickelungsgeschichte der Zellwand. Botanische Zeitung 1855, S. 601.

A. Wigand: Ueber die feinste Structur der vegetabilischen Zellmembran. Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg 1856.

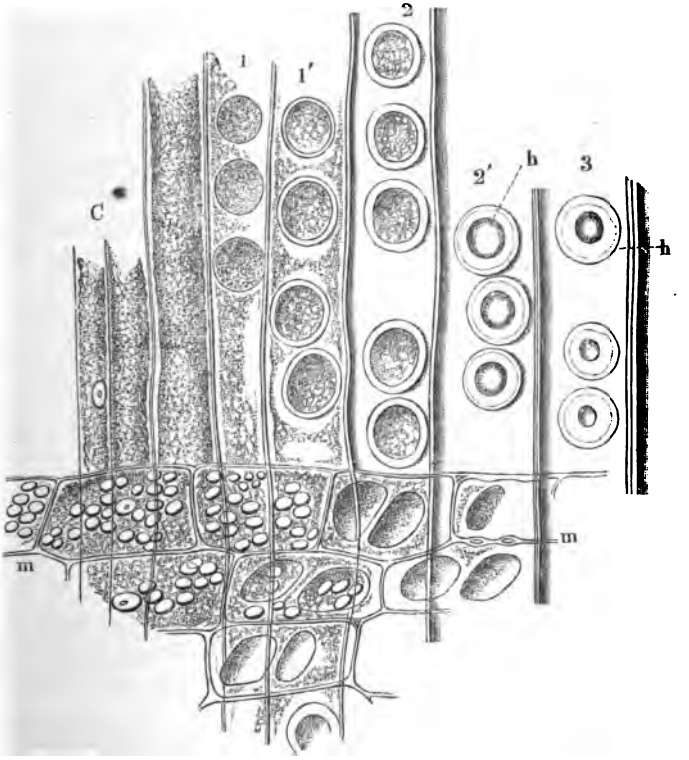
Schacht: Ueber Tüpfelbildung. Botanische Zeitung 1859, und De Maculis, Bonn 1860.

Sanio: Ueber den Bau des Tüpfels und Hofes. Botanische Zeitung 1860, S. 193. — Ueber die tertiäre Verdickungsschicht der Holzzellen. Ebendaselbst, S. 201.

Dippel: Ueber die Entstehung und den Bau der Tüpfel. Botanische Zeitung 1860. S. 329.

C. Nägeli: Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembran. Sitzungsbe-

Fig. 32 II.



weitere Verengerung des Porencanales nur noch durch Ablagerung neuer Verdickungsschichten erfolgt. Bei 1′, 2′ und 3′ ist der Schnitt nicht durch die Mitte geführt, so dass der untere Theil des linsenförmigen Hohlraumes 1′, oder die untere Wand 2′ und 3′ des Porencanales sichtbar ist. Vergr. 1 : 660.

Digitized by Google

richte der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften 1864. 1. Heft IV. S. 282. 2. Heft II. S. 114.

Dippel: Die wandständigen Protoplasmaströmchen und deren Verhältniss zu den secundären Verdickungsschichten. Besonderer Abdruck aus den Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle 1866.

Ausserdem findet sich hierher Bezügliches in den betreffenden Abschnitten der oben erwähnten Lehr- und Handbücher von Schleiden, v. Mohl, Unger und Schacht.

3. Chemische Umbildungen der Zellstoffhülle.

Sämmtliche Schichten der über der ursprünglichen Membran der Zelle abgeschiedenen Zellhülle, die man als Zellmembran zu bezeichnen gewohnt ist, bestehen, wie wir bereits in dem vorhergehenden Paragraphen gesehen haben, aus einem der Stärke isomeren Kohlehydrate, welches sich durch die blaue oder violette Färbung auszeichnet, die in Folge der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure, von Chlorzinkjodlösung, oder von ähnlichen aus Jod und einem Jodmetalle bestehenden Verbindungen, hie und da sogar schon nach der Behandlung mit Jodlösung allein hervortritt.

Bei den meisten Parenchymzellen erhält sich diese Beschaffenheit der genannten Verbindung während des ganzen Lebens in mehr oder minder grosser Reinheit (Fig. XXXVII. bei *a*). Bei anderen Parenchymzellen dagegen (Holzparenchym, verdickte Parenchymzellen des Markes und der Rinde u. s. w., Fig. XXXVII. bei *b*), bei den Holz-, Bast- und Gefässzellen, bei sehr vielen der einseitig verdickten Oberhautzellen, sowie bei Zellen des Peridermas und des Korkes, wird dieselbe jedoch in der Regel mehr oder minder verändert. Man bezeichnet diesen Process bei den ersteren Zellenarten als Verholzung, weil eben mit demselben die betreffenden Zellen zugleich eine Umwandlung in ihren physikalischen Eigenschaften erleiden, ihre anfänglich weiche Beschaffenheit verlieren und härter werden; bei den beiden zuletzt genannten Zellenarten gibt man ihm dagegen den Namen der Verkorkung. Höchst wahrscheinlich beruht die Verholzung sowohl als die Verkorkung auf einer gänzlichen oder theilweisen Umbildung des Zellstoffes, denn von einer Einlagerung stickstoffhaltiger Substanzen, wie das von mancher Seite angenommen wird, ist durchaus Nichts zu entdecken, wie die Reaction der verholzten Zellstoffhülle gegen schwefelsaures Kupferoxyd und Kali auf das Bestimmteste darthut. Waren solche zugegen, so mussten sie sich nach der Einwirkung dieses für die Eiweisskörper sehr empfindlichen Reagenses durch die charakteristische Färbung sofort verrathen, was nach meinen Beobachtungen durchaus nicht der Fall ist.

Das Umwandlungsproduct des Zellstoffes hat man je nach seinem chemischen Verhalten als Holzstoff und Korkstoff bezeichnet.

Chemisches Verhalten von Holz- und Korkstoff. — Die beiden genannten Stoffe zeichnen sich dadurch aus, dass sie weder gegen

Digitized by Google

Jod und Schwefelsäure noch gegen Chlorzinkjod oder eine der anderen Jodverbindungen mit blauer Farbe reagiren. Sie färben sich unter Einwirkung dieser Reagentien mehr oder minder dunkelgelb, welche Färbung sie auch in der Regel auf die Einwirkung von schwefelsaurem Kupferoxyd und Kali annehmen, wenn sie nicht ganz ungefärbt bleiben. Der **Holzstoff**, eine ternäre, von dem Zellstoff sich durch höheren Kohlen- und Wasserstoffgehalt unterscheidende Verbindung, löst sich in ätzendem Kali, besonders nach der Erwärmung auf. In gleicher Weise verhält er sich gegen Salpetersäure allein oder gegen diese und chlorsaures Kali. Der **Korkstoff**, der neben den drei Elementen der Kohlehydrate noch Stickstoff enthält, wird von dem letztgenannten Mittel nicht gelöst, dagegen von Aetzkali aufgenommen. Concentrirte Schwefelsäure scheint den ersteren ebenfalls, wenn auch nur schwer zu lösen; sie verändert den letzteren dagegen nicht wesentlich. Für beide Stoffe ist daher in diesem Verhalten ein Unterscheidungsmerkmal gegeben.

In Bezug auf den Umfang, bis zu welchem der Zellstoff in die Umwandlung hineingezogen wird, scheint für beide Stoffe ebenfalls eine Verschiedenheit stattzufinden.

Verholzung. — Der Verholzungsprocess trifft, soweit unsere gegenwärtigen Erfahrungen reichen, niemals sämmtlichen Zellstoff, und es lässt sich derselbe, nach entsprechender chemischer Behandlung, in allen Theilen der verholzten Zellhüllen ohne Ausnahme noch nachweisen. Die verschiedenen Verdickungsschichten verhalten sich in dieser Beziehung verschieden, indem die Verholzung von Aussen nach Innen fortschreitet (Fig. XXXII, II.).

Die jüngste Verdickungsschicht, welche sich in der Regel auch schon durch ihr optisches Verhalten von den älteren unterscheidet, und die man als **tertiäre** Membran bezeichnet, ist häufig nicht verholzt und nimmt nach der Behandlung mit den mehrfach erwähnten Reagentien die dem Zellstoff charakteristische Färbung an (Fig. XXXIV., I. u. XLVII., VI.), die allerdings, namentlich bei der Chlorzinkjodlösung, erst nach einigen oder mehreren Stunden hervortritt. In anderen Fällen hat indessen auch ein kleinerer oder grösserer Theil ihres Zellstoffes eine Umwandlung erfahren, und es tritt die Cellulosereaction nur unvollkommen oder gar nicht auf; ja es kommt sogar nicht selten vor, dass diese Hüllschicht verholzt erscheint, während die secundären Verdickungsschichten Zellstoffreaction beobachten lassen (Fig. XLII.).

Die secundären Ablagerungsschichten werden bald in ihrer ganzen Masse gelb, bald nehmen sie in verschiedenen Schichten eine verschiedene Färbung an, welche bei Jod und Schwefelsäure vom Blauen ins Blaugrüne, Grüne, Gelbgrüne und Gelbe, bei Chlorzinkjodlösung vom Blauvioletten ins Rothviolette, Weinrothe, Rothgelbe und Gelbe übergeht und somit den Nachweis für den stufenweisen Fortschritt der Verholzung liefert.

Am stärksten umgewandelt erscheinen die primären Schichten, in-

Digitized by Google

dem sie sich am intensivsten gelb färben (Fig. XXXII., dann Fig. XLI. bis XLII.). Nur wo sich dieselben über geschlossenen Poren hinziehen und der Diffusion die Wege offen zu halten bestimmt sind, behalten sie ihre ursprüngliche chemische Beschaffenheit in hohem Grade bei, wie sich dies durch die Behandlung mit Chlorzinkjodlösung am schönsten nachweisen lässt, wenn dieses Mittel die erforderliche Zeit einwirken kann (Fig. XXXIII, *A*, *B*).

Um über den Grad der Verholzung genaue Resultate zu erlangen, sind äusserst feine Schnitte (am besten Querschnitte) erforderlich, weil man sich sonst leicht täuschen kann. Häufig werden nämlich die Zellwände dicker Schnitte gelb gefärbt, während dieselben in zarten Schnitten sogar durch ihre ganze Masse blau werden. Ebenso empfiehlt sich als anzuwendendes Reagens vorzugsweise Chlorzinkjodlösung, weil diese, wenn auch langsamer wirkend, als Jod und Schwefelsäure, doch charakteristischere Resultate gewährt.

Um den Zellstoff in den verholzten Zellhüllen nachzuweisen, unterwirft man zarte Schnitte einer vorbereitenden chemischen Behandlung. Man kocht dieselben entweder in reiner Salpetersäure, in Salpetersäure und chlorsaurem Kali, oder in Aetzkali so lange, bis die anfangs gelbe Farbe verschwindet. Hierauf süsst man die Präparate sorgfältig mit Wasser, wenn nothwendig mit Weingeist aus, und verwendet sie dann erst zur Beobachtung der Zellstoffreactionen. Jod und Schwefelsäure sowie Chlorzinkjodlösung werden nach dieser Behandlung in allen Schichten der Zellstoffhülle die Reactionen des Zellstoffes in mehr oder minder vollkommener Reinheit wahrnehmen lassen.

Verkorkung. — Die Verkorkung tritt nur in den dem Einflusse der Atmosphäre ausgesetzten Schichten des Pflanzengewebes, in der Epidermis und dem Korkgewebe auf. In der ersteren findet sie sich meist in den äusseren Partieen der sogenannten Cuticularschichten, welche unter der eigentlichen Cuticula liegen, doch auch tiefer. Sie schreitet daselbst wohl nie bis zur vollständigen Umbildung des gesammten Zellstoffes vor, da man nach der Behandlung mit Aetzkali, sei es durch länger andauernde Maceration bei gewöhnlicher Temperatur, sei es unter Zuhilfenahme kürzere Zeit andauernder Erwärmung, immer Zellstoffreaction erhält. Die jüngeren Korkzellen lassen nach der Behandlung mit Aetzkalilösung immer Zellstoff in ihren Wandungen nachweisen. In den älteren Korkschichten scheint dagegen der Zellstoff oft gänzlich verschwunden, wenigstens ist es mir nicht gelungen, ihn daselbst nachzuweisen.

Meyen: Jahresberichte 1837, S. 67; 1838, S. 23. — Neues System der Pflanzenphysiologie, Bd. II, S. 285.

Schleiden: Einige Bemerkungen über die sogenannte Holzfaser der Chemiker. Wiegmann's Archiv 1838, I. S. 49. Beiträge zur Botanik, S. 13. — Einige Bemerkungen über den vegetabilischen Faserstoff und sein Verhältniss zum Stärkemehl. Poggendorff's Annalen 1838, Bd. 43, S. 391. Beiträge, S. 160. — Noch einige Bemerkungen etc. Flora 1840, Nro. 47 u. 48. Beiträge, S. 172.

Digitized by Google

H. v. Mohl: Einige Beobachtungen über die blaue Färbung der vegetabilischen Zellmembran durch Jod. Flora 1840. Vermischte Schriften, S. 335.
Harting u. Mulder: In Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. 1844.
H. v. Mohl: Bildet die Cellulose die Grundlage sämmtlicher vegetabilischen Membranen? Botanische Zeitung 1847, S. 497.
Dippel: Beiträge zur Lösung der Frage etc. Botanische Zeitung 1851, S. 409.
Sanio: Ueber den Holzstoff. Botanische Zeitung 1860, S. 202, und 1863, S. 362, Anmerkung.
Nägeli: Ueber das Verhalten der Zellhaut zum Jod. Sitzungsberichte der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften 1863. S. 383.
Ferner die obengenannten allgemeinen anatomischen Schriften.

4 Intercellularsubstanz und Cuticula.

Ueber das Wesen und Entstehen dieser beiden Substanzen bestehen verschiedene Meinungen. Die ältere Ansicht, die aber gegenwärtig wohl kaum mehr einen Anhänger finden dürfte, nahm an, es sei die erstere eine zur Verkittung der Zellen bereitete, die letztere eine über deren mit der Aussenwelt in Berührung stehenden Fläche abgeschiedene Aussonderung der letzteren selbst. Wigand betrachtet sie als hervorgegangen aus der primären Zellstoffhülle, während Schacht dieselben aus den untergegangenen und verflüssigten Zellstoffhüllen der Mutterzellen entstehen lässt.

Die ältere Ansicht entbehrt aller genügenden Stützen und hat ausserdem kein einziges Analogon in dem gesammten Zellenleben für sich. Aber auch für die beiden neueren Ansichten sind uns deren Begründer einen vollständigen Beweis schuldig geblieben. Schacht gebührt indessen Wigand gegenüber das Verdienst, nachgewiesen zu haben, dass Intercellularsubstanz und Cuticula von der Zellstoffhülle und ihren Umwandlungsproducten wirklich verschiedene Dinge sind. Ich selbst kann in Bezug auf die fertigen Zustände Schacht's Beobachtungen bestätigen, und muss ihm nur in Bezug auf die Fucaceen widersprechen, bei denen die Intercellularsubstanz nur in geringer Menge, nicht in mächtigen Schichten vorhanden ist.

Intercellularsubstanz.

Optisches Verhalten der Intercellularsubstanz. — Um sich über das optische Verhalten der Intercellularsubstanz zu unterrichten, bedarf es sehr zarter, vollkommen gerader Querschnitte der betreffenden Pflanzentheile. Am besten geeignet sind Schnitte von Laub- und Nadelhölzern. Ein zarter Querschnitt aus dem Stamm- oder Wurzelholze der Kiefer, Fichte, Tanne oder Lärche zeigt, wenn er vollkommen senkrecht zur Längsachse der Zellen geführt ist, und man entsprechend starke und klare Vergrösserungen anwendet, folgende Verhältnisse: Die secundären Verdickungsschichten werden von einem sich scharf abzeichnenden, nach beiden Seiten hin fein begrenzten, polygonalen Netzwerke durchsetzt,

Digitized by Google

welches aus den primären Zellstoffhüllen besteht und schon bei scharfen und klaren 200- bis 250fachen Vergrösserungen auf das Bestimmteste erkannt wird. Wendet man hierauf stärkere Objective an, so sieht man bei etwa 400- bis 500facher Vergrösserung, dass dieses Netzwerk von einem zweiten, weit zarteren Netze einer Substanz durchschnitten wird, welche sich in den Ecken, wo 3 oder 4 Zellen zusammenstossen, in bedeutenderer Masse entwickelt hat (Fig. XXIX., I. *i*). Je nach der Focaleinstellung erscheinen die Linien dieses Netzes sammt den sogenannten Zwickeln dunkler gezeichnet, als die primären Zellstoffhüllen, oder auch stärker glänzend, d. h. heller. Dieses innere Netz besteht aus der Intercellularsubstanz. Ganz ähnliche Anschauungen gewähren auch die Blätter der Lebermoose, und wird man sie mehr oder minder deutlich bei allen auch mehr dünnwandigen Zellen finden, wenn eben der betreffende Schnitt zart genug, durch ein äusserst scharfes Messer erlangt und vollkommen senkrecht geführt ist.

Chemisches Verhalten der Intercellularsubstanz. — Behandelt man einen passenden Querschnitt mit Salpetersäure in der Wärme und dann mit Ammoniaklösung, so tritt die Intercellularsubstanz noch entschiedener hervor, indem sie eine prachtvoll goldgelbe Färbung annimmt, während die primären und übrigen Schichten der Zellstoffhülle nur wenig oder gar nicht gefärbt erscheinen (Fig. XXIX., II.). Bringt man statt des Ammoniaks zu einem mit Salpetersäure gekochten Schnitte concentrirte Aetzkalilösung, so sieht man, wie sich zunächst die primären Zellstoffschichten von dem gelben Netze der Intercellularsubstanz lösen, und wie diese letztere zuerst an den dünneren Stellen, dann immer weiter aufgelöst wird (Fig. XXIX., III.). Unterbricht man die Einwirkung des Kalis noch bevor das gelbe Netzwerk gelöst ist, indem man den Schnitt in eine grössere Menge reinen Wassers bringt, und fügt dann demselben Chlorzinkjodlösung hinzu, so werden sämmtliche Zellstoffschichten violett gefärbt, während die Intercellularsubstanz mit gelber Farbe auftritt (Fig. XXIX., IV.). Eine länger dauernde Einwirkung des Macerationsmittels löst endlich die Intercellularsubstanz vollständig; es erscheinen die Zellen völlig getrennt (Fig. XXIX., V.) und nach der Einwirkung von Chlorzinkjod durch alle Schichten blau gefärbt (Fig. XXIX., VI.).

Wird diese Beobachtung mit gehöriger Sorgfalt und Beachtung aller Bedingungen in Bezug auf die Eigenschaften der betreffenden Schnittpräparate ausgeführt, so liefert das geschilderte Verhalten den entschiedensten Beweis, dass wir in dem zwischen den primären Zellstoffhüllen früher schon erkannten feineren Netze eine eigenthümliche, von jenen ganz verschiedene Substanz vor uns haben, welche keinesweges aus den stark verholzten Zellstoffschichten bestehen kann, da sich darin eben durch keines der sonst hierzu tauglichen Mittel eine Spur von Zellstoff nachweisen lässt. Dass diese Substanz von Anfang an eine von dem Zellstoff verschiedene chemische und physikalische Beschaffenheit gehabt haben

Digitized by Google

muss, geht ausserdem — und abgesehen von ihrem Verhalten gegen polarisirtes Licht — daraus hervor, dass dieselbe von Seiten der aneinandergrenzenden Zellen derart verschmolzen ist, dass sie eine Gesammtmasse bildet, die sich nicht in zwei, je einer der beiden Einzelzellen angehörende, Blätter spalten lässt, was bei verschiedenen Zellen angehörenden Zellstoffschichten, wenn sie auch unverletzt als ein Ganzes erscheinen, durch die oben genannten Mittel immer geschehen kann. Eine sehr überzeugende Anschauung von diesem Verhältnisse lässt sich dann erlangen, wenn man Querschnitte einer solchen Holzart, bei der die Intercellularsubstanz verhältnissmässig mächtig entwickelt ist, bis zu dem Grade mit dem Schultz'schen Macerationsgemisch behandelt, wo letztere der Lösung nahe ist und ihr Volumen entschieden vergrössert hat. Die Intercellularsubstanz erscheint dann als gröberes Netzwerk einer homogenen, schwächer lichtbrechenden Masse, welches nach der Behandlung mit Jodpräparaten durch eine, gegen die Zellhüllen entschieden dunkler gelbe Färbung sehr deutlich hervortritt (Fig. XXX., I. u. II.). Am leichtesten gelangt man mit Anfertigung derartiger Präparate zum Ziele, wenn man das Gemisch in etwas verdünntem Zustande anwendet, das Erwärmen in einem flachen Uhrglase vornimmt und sofort nach Unterbrechung des letzteren das Reagens sammt den Schnitten in eine mit Wasser gefüllte Porzellanschale ausgiesst.

In dem verschiedenen Verhalten des reinen Zellstoffes und der Intercellularsubstanz gegenüber der concentrirten Schwefelsäure haben wir ein weiteres Mittel, die letztere als eine eigenartige chemische Verbindung darzuthun und für sich isolirt darzustellen. Zieht man nämlich den Holzstoff aus zarten Querschnitten mittelst Kochens in Salpetersäure aus, lässt auf die sorgfältig ausgewaschenen Präparate erst verdünnte und dann nach und nach mehr und mehr concentrirte Schwefelsäure wirken, so werden die Zellstoffhüllen von der letzteren gelöst, und es bleibt, ohne einem Zerreissen ausgesetzt zu sein — was leicht geschieht, wenn man zu rasch mit der concentrirten Säure vorgeht — das höchst zarte Netzwerk der Intercellularsubstanz zurück (Fig. XXX., I.). Noch schönere Präparate werden erhalten, wenn man statt reiner Salpetersäure diese in Verbindung mit chlorsaurem Kali benutzt. Hier muss man aber, wenn das Präparat gelingen soll, den Zeitpunkt genau zu treffen suchen, in welchem die Einwirkung des lösenden Gemisches zu unterbrechen ist. Lässt man diese zu lange dauern, so wird nicht nur der Holzstoff, sondern auch die Intercellularsubstanz gelöst, und die Zellen fallen auseinander. Hat die Wirkung dagegen zu kurze Zeit gedauert, so ist der Holzstoff nicht vollständig gelöst, und es bleiben nach Einwirkung der Schwefelsäure mindestens die primären Zellstoffhüllen in Verbindung mit der Intercellularsubstanz zurück und quellen auf. Hier können eben nur mit gehöriger Geduld wiederholte Versuche, aber dann auch sicher, zu dem gewünschten Ziele führen. Ich habe mir auf diese Weise nicht nur die Intercellularsubstanz von Holzzellen, sondern auch aus Lebermoosblättern in grosser Reinheit dargestellt. Auch bei diesem

Digitized by Google

Verfahren muss man die Einwirkung der Schwefelsäure wohl zu reguliren suchen. Vor Allem hüte man sich dieselbe zu rasch einwirken zu lassen, weil dann die Zellen heftig angegriffen werden, stark quellen und das Netzwerk der Intercellularsubstanz zersprengen. Am besten gelangt man zum Ziele, wenn man den ausgewaschenen Schnitt in einem Tropfen Wasser und ohne Deckglas unter ein Objectiv mit grosser Focaldistanz bringt, und nun die Schwefelsäure tropfenweise solange an den Rand des Tropfens gibt, bis man sich überzeugt hat, dass die gewünschte Wirkung erfolgt ist. Will man das Präparat aufbewahren, so muss die Schwefelsäure rein ausgewaschen werden, was am besten dadurch geschieht, dass man das erstere auf dem Objectträger liegend in eine Schale mit reinem Wasser bringt, eine Zeit lang zuwartet und, nachdem man Träger und Präparat zusammen ruhig emporgehoben hat, das über dem letzteren Stehenbleibende vorsichtig ablaufen lässt. Ist diese Operation vollendet, so trocknet man das Wasser vom Objectträger auf, gibt einen Tropfen Chlorcalcium auf das Präparat und bedeckt und verschliesst es dann in der Band I, Seite 478 angegebenen Weise.

Entstehung der Intercellularsubstanz. Hat man sich davon überzeugt, dass die Intercellularsubstanz ein eigenthümliches, von den primären Zellstoffhüllen verschiedenes Product ist, so gilt es, sich über ihre Entstehung Aufklärung zu verschaffen. Zu diesen Untersuchungen eignen sich von den überall erreichbaren Pflanzen am besten die Nadelhölzer und zwar, wegen der Weite ihrer Zellen, die Wurzeln. Man untersucht hier die cambialen Schichten vom Beginn des Frühlings an, wo das Cambium sich noch im Ruhezustande befindet, den Sommer hindurch während der Neubildung der jüngsten Holz- und Rindenschichten.

Betrachtet man einen zarten Querschnitt durch das ruhende Cambium, so findet man in der Regel 2 bis 3 Zellenreihen, die sich durch äusserst zarte Beschaffenheit der in tangentialer Richtung verlaufenden Wände, welche ein gallertartiges Ansehen haben und im Wasser des Objectträgers etwas aufquellen, auszeichnen, während die radialen Wände weit dicker ja 5- bis 6mal dicker erscheinen. Genaue Beobachtung lehrt dann, dass diese beträchtliche Dicke nicht den cambialen Wandungen selbst, sondern diesen sammt einer etwas verschieden lichtbrechenden Substanz angehört, welche zwischen den eigentlichen Zellwänden eingelagert ein mehr gelockertes, matteres Aussehen zeigt (Fig. XXXII., I. u. II. *Z*). Wendet man auf einen solchen Schnitt Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjodlösung an, so werden die eigentlichen cambialen Wandungen auch nach längerer Einwirkung nicht gefärbt, während die Zwischenschicht nur hie und da einmal und an einzelnen Stellen eine blaue oder röthlich blaue Farbe annimmt, die wohl von eingelagerter, im Uebergang zu dem Bildungsherde begriffener formloser Stärke (?) herrühren mag.

Jene Wandungen, welche ausserdem schon an dem unberührten Schnitte ein mehr gallertartiges Aussehen zeigen, bestehen also nicht aus

Digitized by Google

Zellstoff. Am klarsten belehren über diesen Umstand solche Schnitte, welche — was hie und da wohl vorkommt — neben den eigentlichen Cambiumzellen noch ganz junge, am Ende der Vegetationsperiode entstandene, nicht verdickte Holz- und Bastzellen enthalten, deren primäre Zellstoffhüllen sich sofort bläuen, während eine weisse Zwischenmasse bleibt (Fig. XXXIII., I. *H'* u. *B'*). Die zwischen den radialen cambialen Wandungen enthaltene Zwischenschicht färbt sich auch hier nach längerer Einwirkung des Reagenses, wenn überhaupt, nur schwach und stellen-, gleichsam fleckenweise. Untersucht man einen ähnlichen Schnitt etwa Anfang Mai, wo die Neubildung im Wurzelcambium eben begonnen hat, so zeigen sich im Ganzen fast dieselben Verhältnisse. Die inneren Schichten, d. h. die primären Zellstoffhüllen der eben entstandenen Holz- und Rindenzellen, reagiren entschieden auf Zellstoff. Ein zwischen ihnen verlaufendes Netzwerk, sowie die cambialen Wandungen bleiben dagegen ungefärbt (Fig. XXXIII., I. *H p*). Die Zwischenmasse erscheint zugleich gegen den Ruhezustand vermindert, grumos, halbflüssig und färbt sich gar nicht mehr. Das ungefärbt bleibende Netzwerk ist, soweit die Zwischensubstanz verschwunden ist, homogen durch keine Zwischenlinie getrennt. Es besteht aus den verschmolzenen cambialen Wandungen, die mir in chemischer Beziehung aus einem gummiartigen Stoffe, „Bassorin" (?) gebildet zu sein scheinen.

Verfolgt man die Entwickelungsgeschichte weiter, so erhält man Zustände, welche von denen, wie sie in den Figuren XXXII. und XXXIII, I. dargestellt sind, verschieden erscheinen. Die Substanz zwischen den radialen Wandungen des Cambiums verschwindet nach und nach ganz, und letztere schliessen vollständig aneinander. In Bezug auf das chemische Verhalten finden dieselben Verhältnisse statt, wie oben geschildert (Fig. XXXIII., II. *H*). Die weiter nach innen gelegenen Holzzellen haben aber schon ihren Verholzungsprocess begonnen, das Netzwerk erscheint bei ihnen in der Form, wie bei den vollkommen ausgebildeten Zellen und bleibt nicht mehr ungefärbt, sondern nimmt eine gelbe Farbe an, die sich besonders nach der Behandlung mit Salpetersäure oder mit Jod und Schwefelsäure sehr schön zeigt (Fig. XXXIII., II. *H'*). Zwischen den Zellen des Bastes der Nadelhölzer wie der Laubhölzer aus der jüngsten Wachsthumsperiode erscheint das Netzwerk ungefärbt (Fig. XXXII., I., XXXIII., I. *B*, u. XXXII., II.). Es lehren sonach diese Beobachtungen, die mit der nöthigen Umsicht und Geduld, verbunden mit der erforderlichen Fertigkeit im Anfertigen von Schnitten angestellt sein wollen, dass die Intercellularsubstanz hervorgeht aus der cambialen, aus einer dem Zellstoff zwar isomeren, aber doch wesentlich von ihm verschiedenen Verbindung gebildeten, Wandung der Gewebezellen, und zwar der Tochter- nicht der Mutterzellen, welch letztere, sobald sie ihre Function erfüllt haben, aufgelöst und resorbirt werden. Jene Verbindung begünstigt eine Verschmelzung der zusammenstossenden Hüllen wesentlich und erleidet in der Folge Umwandlungen, welche dem Zellstoff nicht eigen sind. Möglich dass dieselbe aus den

Digitized by Google

diffundirenden Bildungsstoffen später Eiweisskörper aufnimmt oder sich in eine quaternäre Verbindung umbildet, worauf ihre Reaction gegen Salpetersäure hindeutet. Bestimmtes lässt sich darüber indessen vorläufig nicht angeben. Schwefelsaures Kupferoxyd und Kali geben nicht hinreichend sichere Anhaltspunkte in der Färbung, die bei so zarten Verhältnissen immerhin schwer zu beurtheilen ist.

In dem Baste der Nadelhölzer, ebenso in dem Bastparenchym und bei den Rindenzellen der Laubbäume geht die Umwandlung der Intercellularsubstanz langsamer vor sich, wie in den Holzzellen der ersteren und in den Holz- und Bastzellen der anderen. Bei manchen Zellenarten scheint dieselbe sogar in dem ursprünglichen Zustande so lange zu verbleiben, als sie ihr Leben fortführen, weshalb sie, wenn man mittelst Chlorzinkjod oder mittelst Jod und Schwefelsäure reagirt, zwischen den primären Zellstoffschichten als weisse Linie erscheint. In älteren Rindenschichten und zwischen den stark verdickten und verholzten Rindenparenchymzellen tritt sie jedoch, wie zwischen den verdickten Bast- und Holzzellen, auch in ihrer völlig umgewandelten Form auf. In den reifenden Früchten, ebenso in den Zellen der Kartoffelknolle wird die Intercellularsubstanz nach und nach in eine lösliche Modification übergeführt, weshalb sich dort die Zellen bei der Fruchtreife, hier nach dem Kochen ohne Weiteres trennen und isoliren lassen.

Cuticula.

Entstehung der Cuticula. — Die Cuticula entsteht, soweit meine Untersuchungen mir die zur Entscheidung erforderlichen Anhaltspunkte gewähren, ganz in ähnlicher Weise, wie die Intercellularsubstanz, d. h. sie bildet die erste über der ursprünglichen Membran abgeschiedene Hülle, innerhalb der sich die echten Zellstoffschichten ablagern. Ich glaube wenigstens in dieser Weise das Verhalten der jugendlichen Zellen des Lebermoosblattes, sowie der Epidermiszellen aus den jungen Zwiebelschuppen und den jugendlichen Laubblättern des Lauches deuten zu dürfen, wo sich schon in der frühesten Zeit der Entwickelung ein farbloses, später ein durch Jod gelb werdendes Häutchen über den Zellen zeigt, das mit der Intercellularsubstanz, die sich nicht färbt, in Verbindung steht (Fig. XXXVI., I. bis III.). Zarte zur Fläche genau senkrechte Querschnitte aus diesen Organen in verschiedenen Entwickelungsstufen gewähren hier die erforderliche Einsicht, und müssen diese theils frisch, theils unter Chlorzinkjod beobachtet werden.

Chemisches Verhalten der Cuticula. — In ihrem ausgebildeten Zustande verhält sich die Cuticula, welche neben den sogenannten Cuticularschichten, die, wie wir oben gesehen haben, aus modificirten Zellstoffschichten bestehen, nur einen höchst geringen Antheil an der Verdickung der Aussenwand der Oberhautzellen nimmt und nur als ein

Digitized by Google

zartes Häutchen über der Epidermis verläuft, fast ganz mit der Intercellularsubstanz überein. Eine Zunahme derselben im höheren Alter habe ich bis jetzt nicht beobachtet, und haben jene Forscher, welche eine solche annehmen, offenbar Cuticularschichten, d. h. primäre oder secundäre umgewandelte Zellstoffschichten damit vermengt.

Zum Studium dieser Verhältnisse bedarf es äusserst zarter Querschnitte durch die Epidermis passender Blätter, namentlich mancher Aloearten, von Dasylirium, Yucca, Ruscus, Ilex, Hoya, Hakea, Citrus u. s. w., welche man ganz in derselben Weise mittelst chemischer Reagentien behandelt, wie es oben angegeben wurde. Ich verweise daher in dieser Beziehung einfach auf die beigegebenen Figuren XXXIV. und XXXV. nebst deren Erklärung, sowie auf die Betrachtung des Oberhautgewebes weiter unten, und füge nur hinzu, dass man genau auf die Einwirkung der Kalilösung zu achten hat, damit man bei nachfolgenden Zellstoffreactionen nicht etwa die verschwundene, d. h. gelöste Cuticula als noch vorhanden und in Zellstoff umgewandelt ansieht, ein Versehen, das namentlich dann leicht eintritt, wenn man das erstgenannte Reagens längere Zeit bei gewöhnlicher Temperatur hat einwirken lassen.

Ueber das Verhalten der Intercellularsubstanz und Cuticula zum polarisirten Lichte werden wir an der betreffenden Stelle das Nähere mittheilen.

H. v. Mohl: Erläuterung und Vertheidigung etc. 1836.
Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. I, S. 160.
H. v. Mohl: Ueber die Cuticula der Gewächse. Linnaea 1842. Vermischte Schriften, S. 260, und Botanische Zeitung 1845, S. 1.
Harting und Mulder: Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. 1844. S. 418 u. 499.
Schleiden: Grundzüge. 3. Aufl. 1849. I, S. 328 u. 335.
Cohn: De Cuticula. Breslau 1850.
A. Wigand: Intercellularsubstanz und Cuticula. 1850. Botanische Untersuchungen 1854.
Schacht: Lehrbuch der Anatomie u. Physiologie. I, S. 108 u. 133.
Sanio: Ueber Intercellularsubstanz im Holze. Botanische Zeitung 1860, S. 209.
Schacht: Das Mikroskop etc. 1862. S. 115 *).

IV. Die Arten der Pflanzenzellen.

Es ist in den früheren Paragraphen darauf hingewiesen worden, dass ursprünglich die vegetabilischen Zellen, ihrer äusseren Erscheinung, d. h. ihrer Form nach annähernd gleichartig, mehr oder minder annähernd von sphärischer Gestalt sind. Erst in Folge der späteren, im vorigen Paragra-

*) Meine von der Niederländischen Gesellschaft gekrönte Arbeit: „Ueber das chemische Verhalten und die Entstehung der Intercellularsubstanz" wird demnächst erscheinen, und wird man darin namentlich auch Hinweise finden in Bezug auf die Täuschungen, welche in Folge der Präparation u. s. w. unterlaufen können.

Digitized by Google

phen geschilderten Umbildungsvorgänge differenziren sich dieselben zu den verschiedenen Zellenarten. Nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Histiologie bleibt uns, wenn wir nicht nach den Geweben classificiren wollen, an denen die Zellen Theil nehmen und welche ja nicht einmal immer gleichartig sind, also gar nicht als Eintheilungsgrund dienen können, nichts anderes übrig, als jene nach ihrer Form mit Zuhilfenahme der Structur ihrer Zellstoffhülle und der Art und Weise ihrer Verbindung untereinander zu unterscheiden. Freilich werden wir auch, wenn wir diesen einfachen Theilungsgrund zu Hilfe nehmen, nicht jede Zellenart in scharf gezogene Grenzen einschliessen können, sondern hier und da Uebergänge finden, in denen sich zwei Zellenarten mehr oder weniger nahe berühren; aber das lässt sich einmal nicht ändern, indem die Natur sich nicht in streng mathematische Formen zwängen lässt.

Auf obiger Grundlage und mit möglichster Berücksichtigung der Einfachheit lassen sich folgende drei Zellenarten unterscheiden:

1. Parenchymzellen,
2. Faserzellen und
3. Röhrenzellen.

1. Parenchymzellen.

Unter Parenchymzellen sind alle Zellen von sphärischer, polyëdrischer, prismatischer oder cylindrischer Form zusammenzufassen, die sich in senkrechter Richtung entweder mit sphärischen oder geraden, horizontalen oder verschieden geneigten, den Seitenflächen gleich organisirten Flächen ihrer Zellstoffhüllen berühren, und deren Wandung entweder ganz homogen oder in verschiedenster Weite verdickt sein kann, dann aber keine offene und nur in seltenen Fällen deutlich behöfte oder siebartige Poren besitzt.

Die Parenchymzellen setzen in mancherlei Abänderungen den ganzen Körper der sogenannten Zellenpflanzen, Pilze, Flechten, Algen und eines Theils der Moose, bei den höher entwickelten Pflanzen sämmtliche gleichartigen Gewebe, wie Mark, Rinde, Oberhaut zusammen. In den ungleichartigen Geweben treten sie durch das ganze Gebiet der sogenannten Gefässpflanzen neben Faser- und Röhrenzellen auf.

Dünnwandige Parenchymzellen.

Am häufigsten kommen die dünnwandigen Parenchymzellen vor. Ihre Gestalt, ursprünglich mehr sphärisch, behält nur selten diese Form bei, sondern ändert sich im Laufe des Wachsthumes in mannigfacher Weise und nimmt die verschiedenen Formen an, welche weiter oben näher beschrieben worden sind.

Digitized by Google

Structur der Zellstoffhülle. — Die Zellstoffhülle erscheint bald homogen (vegetative Zellen der Pilze, Flechten und Algen, die Zellen der meisten Leber- und Laubmoosblätter u. s. w.), bald besitzt dieselbe schwächere, secundäre Verdickungsschichten, welche ringförmig, spiralförmig, netzförmig angeordnet sind, oder von kleineren oder grösseren, spaltenförmigen, länglichrunden bis kreisrunden, immer durch die primäre Zellstoffhülle geschlossenen Poren unterbrochen werden. Für diese verschiedenen Configurationen der Zellstoffhülle liefern die schon früher angeführten Pflanzen und Pflanzentheile vortreffliche Beispiele.

Chemisches Verhalten der Zellstoffhülle. — In der Regel verholzen die dünnwandigen Parenchymzellen niemals, und färben sich nach Anwendung von Chlorzinkjodlösung oder von Jodlösung und Schwefelsäure, oft sogar nach Behandlung mit Jodlösung allein violett bis rein blau. Hie und da trifft man jedoch auch verholzte dünnwandige Parenchymzellen an, so z. B. in dem Marke und dem Blattstiele der Cycasarten und mancher Palmen, in dem Holzparenchym und den Markstrahlen der mehrjährigen Dikotyledonen (Eiche, Buche, Esche, Tanne u. s. w.). Aber auch hier bleiben die die Poren verschliessenden Theile der primären Zellstoffmembran, welche der Diffusion den Weg offen halten, unverholzt. Während Chlorzinkjodlösung oder Jod und Schwefelsäure die primäre Zellstoffhülle sowohl als die secundären Schichten gelb färben, erscheinen die Schliesshäutchen der Poren violett oder blau gefärbt (Fig. XXXVIII., *A* u. *B*). In ähnlicher Weise verhalten sich die ringförmig, spiralig und netzförmig verdickten Parenchymzellen, welche sich in der Kapselwand und als Schleudern der Lebermoose, ferner unter der Epidermis der Antheren finden. Die Verdickungsschichten erscheinen hier oft mehr oder weniger stark verholzt und färben sich durch oben genannte Reagentien gelb bis gelbbraun, während die primäre Zellstoffhülle sich bläut.

Behandelt man solche Parenchymzellen mit Aetzkali, Salpetersäure oder mit letzterer und chlorsaurem Kali in der Wärme, so zeigen auch die verholzten Theile gegen Chlorzinkjodlösung u. s. w. Zellstoffreaction.

Wendet man auf die frischen Präparate als Reagens Chlorzinkjodlösung an, so ist zu empfehlen, deren Wirkung nicht allein sofort nach der Anwendung, sondern nach einer mehr- bis 24stündigen Einwirkung zu beobachten, weil die charakteristische Färbung der aus reinem Zellstoff bestehenden Theile der Wandungen der Schliesshäute und jüngsten Hüllschicht oft erst nach einiger Zeit eintritt.

Andere ringförmig, spiralig oder netzförmig verdickten Zellstoffhüllen der Parenchymzellen bleiben durch ihre ganze Masse unverholzt und färben sich mittelst Chlorzinkjodlösung oder Jod und Schwefelsäure violettblau oder rein blau.

Dahin gehören namentlich die in den Blättern von Pellia epiphylla

Digitized by Google

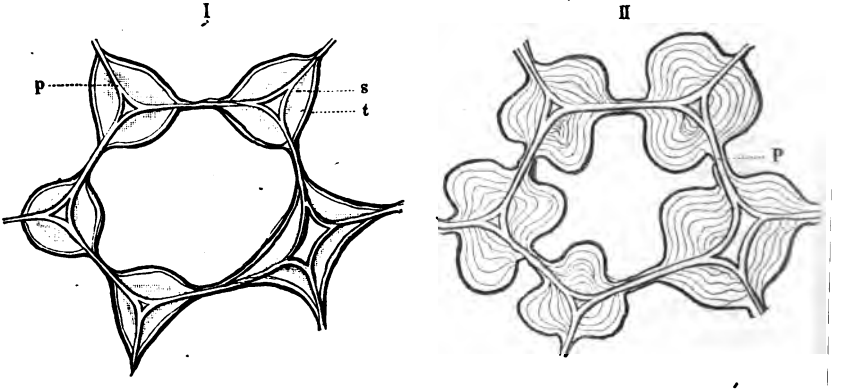
und manchen höheren Pflanzen sowie die in der Rinde des Hollunder und der Balsaminen u. s. w. hie und da vorkommenden Zellen.

Verdickte Parenchymzellen.

Parenchymzellen mit stark verdickter Zellstoffhülle kommen verhältnissmässig weit seltener vor, als die vorhergehenden. Dieselben sind theils unverholzt wie in dem Collenchym und dem Sameneiweisse mancher Gewächse, theils verholzt wie in dem Marke und der Rinde einzelner Pflanzen (Hoya, Picea, Fraxinus, Fagus; Prunus), in den Frucht- und Samenschalen anderer (Prunus, Juglans, Pinus, Larix u. s. w).

Collenchymzellen. — Die Collenchymzellen, anfangs dünnwandig und von fast regelmässig polyëdrischer oder prismatischer, in einzelnen Fällen wohl auch von nahezu faserartig gestreckter Gestalt, verdicken ihre Wand vorzugsweise in den Ecken (Fig. 33), wodurch das Lumen derselben nicht selten eine nahezu runde oder länglichrunde Gestalt erhält. An den querdurchschnittenen Zellen zeigt die Zellstoffhülle einen eigenthümlichen wachsartigen Glanz und erscheint wie aufgequollen, ohne dass man eine deutliche Schichtung der secundären Verdickungsschichten wahrnimmt. Jedoch erscheint in dem Collenchym mancher Pflanzen (Umbelliferen u. a.) die tertiäre Verdickungsschicht deutlich ausgesprochen (Fig. 33, I. *t*).

Fig. 33.



In den Ecken verdickte Collenchymzellen aus dem Stengel von Rumex acetosa; I. unter Wasser betrachtet, II. nach der Behandlung mit Aetzkalilauge. *p*, *s* und *t* primäre, secundäre und tertiäre Hüllschicht. Vergr. 1 : 660.

Um die Schichtung der secundären Verdickung zu studiren, namentlich aber um zu ermitteln, ob letztere aus homogenen oder aus Schichten mit differenten Lamellen bestehen, und welche Dichtigkeitsunterschiede in diesem Falle auftreten, muss man die Zellen in Aetzkalilösung kochen, oder mit Kupferoxydammoniak oder concentrirter

Digitized by Google

Schwefelsäure behandeln, worauf sie unter gleichzeitigem Aufquellen deutlich, und zwar in einer Weise hervortritt, welche darthut, dass zum mindesten in den meisten Fällen nur homogene Schichten vorhanden sind (Fig. 33, II.). Die ersteren Mittel sind jedoch vorzuziehen, weil das letztere die Zellwände rasch auflöst und nur das Netzwerk der Intercellularsubstanz und die ursprüngliche Membran zurücklässt.

Jod und Schwefelsäure sowie Chlorzinkjodlösung färben die secundäre sowie die tertiäre Verdickungsschicht schön blau, während die primäre Zellstoffhülle fast ganz, die Intercellularsubstanz aber völlig ungefärbt bleibt. Eine ähnliche Verdickungsweise wie die Collenchymzellen lässt sich bei den Blättern mancher Lebermoose (z. B. Plagiochila asplenoides, Radula complanata, Frullania dilatata und tamarisci u. s. w.) beobachten, und verhalten sich die Verdickungsschichten gegen Reagentien ganz in derselben Weise, wie diejenige der Collenchymzellen.

Albumenzellen. — Stark verdickte unverholzte Parenchymzellen finden sich ferner in dem Sameneiweisse der Lilien, der Palmen (Phytelephas, Phoenix), des Kaffeebaumes, des Johannisbrodbaumes (Ceratonia siliqua), der Melampyrum-Arten u. s. w. Auch hier besassen die Zellen ursprünglich eine fast regelmässig polyëdrische Gestalt und stiessen mit geraden Flächen aneinander. Erst nach der Ausbildung der Verdickungsschichten wird dieses Verhältniss bei manchen Samen dunkeler, so dass man bei der Elfenbeinnuss und dem Dattelkerne die primäre Zellstoffwand nur leise angedeutet sieht (Fig. 34, I. u. 28, II.), bei dem Samen des Johannisbrodbaumes dagegen gar nicht mehr erkennt. Da bei letzterem ausserdem die Zellen weit weniger regelmässig gelagert und die tertiären Schichten optisch weit verschiedener von dem übrigen Theile der Zellstoffhülle sind, als bei den ersteren Samen, so erscheint hier gleichsam eine Anzahl unregelmässig zerstreuter Zellen in eine gleichartige Masse eingebettet (Fig. 34, II.), in Folge dessen ein derartiger Schnitt etwa das Ansehen hat wie ein Schnitt durch thierischen Knorpel.

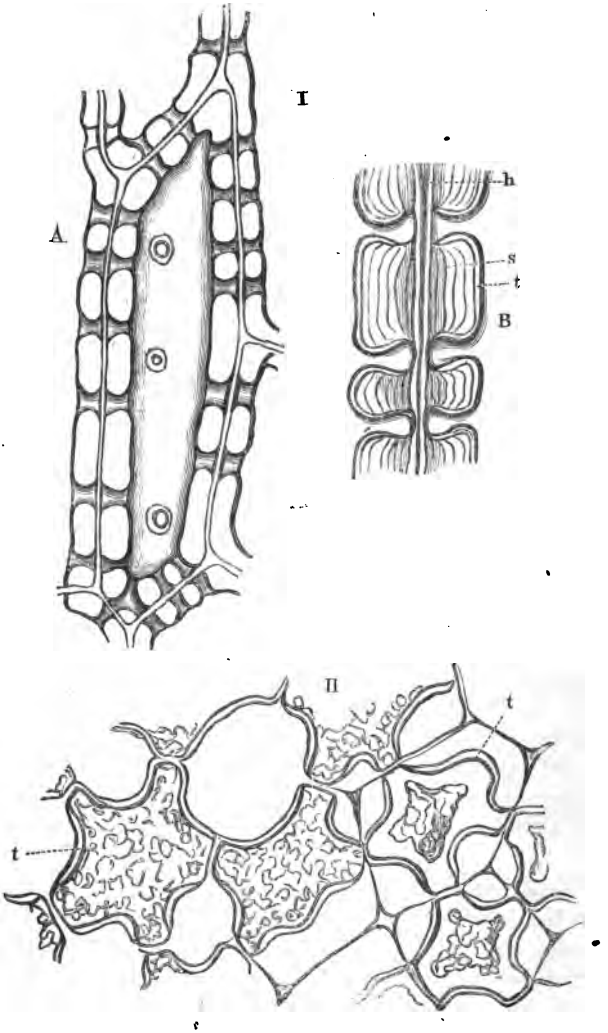
Bei Phytelephas sind die oft verzweigten Porencanäle ziemlich eng und am Grunde etwas erweitert, weiter sind dieselben bei dem Sameneiweisse der Dattel und noch weiter endlich bei dem der Johannisbrodkerne.

Eine Schichtung lässt sich bei keiner von diesen Zellen wahrnehmen, sie tritt aber bei der Behandlung mittelst Chlorzinkjodlösung oder Aetzkalis bei den beiden ersteren Pflanzen deutlich hervor (Fig. 34, I. *B*), während es bei Ceratonia nicht gelingt, eine solche nachzuweisen, obwohl dann auch wie bei jenen die Form der Zellen deutlicher hervortritt (Fig. 34, II., rechts). Alle Verdickungsschichten bis auf die primäre Zellstoffhülle färben sich bei Phytelephas sowohl als Phoenix nach und nach durch Chlorzinkjodlösung blau, während bei Ceratonia nur die tertiäre Verdickungsschicht violett gefärbt wird, die secundären Schichten aber selbst nach der Behandlung mit Aetzkali ungefärbt bleiben, ja für die

Digitized by Google

Beobachtung fast vollständig verschwinden, so dass man zu dem Schlusse berechtigt ist, es beständen diese Theile der Zellhülle aus einem der Gummireihe angehörigen Umwandlungsproducte der Cellulose.

Fig. 31.



Albumenzellen; I. aus Phoenix dactilifera. *A* Ganze Zellen unter Wasser beobachtet. Vergr. 1 : 400. *B* Theil einer Zelle nach der Behandlung mit Aetzkalilauge, wodurch die Zellen sich getrennt haben, die Schichtung der secundären Zellhülle deutlich geworden ist, *p*, *s*, *t* wie oben. Vergr. 1 : 1000; II. aus Ceratonia siliqua, links so gezeichnet wie die Zellen unter Wasser, rechts, wie sie nach der Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure erscheinen. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

Verholzte Parenchymzellen. — Die hierher gehörigen Markzellen der Clematis vitalba, welche sich vorzugsweise zum Studium aller in Betracht kommenden Structurverhältnisse eignen, wurden schon mehrfach besprochen. Verholzte sehr dickwandige Parenchymzellen finden sich gruppenweise in dem Marke und in der Rinde von Hoya carnosa (Fig. 28, Seite 87) in ganz ausgezeichneter Weise. Die Zellen besitzen in der Regel eine cubische Form und von zahlreichen mässig engen, häufig mehrfach verästelten Porencanälen durchzogene Schichten, welche, wie das optische Verhalten im frischem Zustande und die Quellungserscheinungen darthun, aus nur wenig differenten Lamellen bestehen (Fig. 28, I. *c*). In ähnlicher Weise sind die verholzten Parenchymzellen der Rinden von Cytisus laburnum, Fraxinus excelsior, Fagus sylvatica, Urostigma elasticum u. s. w. gebaut. Von einer mehr unregelmässigen Gestalt sind die verholzten Zellen welche in dem Baste von Fagus, Betula u. s. w. in Gruppen vorkommen, jene in den Samenschalen der Amygdaleen, der Juglandeen, der Magnolien, Proteaceen (Hakea), Myrtaceen (Bertholletia) u. s. w., sowie diejenige der steinigen Concretionen der Winterbirnen, deren ganzes Fruchtfleisch oft in verholztes Parenchym umgewandelt erscheint. Hier schreitet die mehr oder minder deutlich geschichtete Verdickung oft bis zum fast völligen Verschwinden des Lumens fort und die häufig verästelten, in einzelnen Fällen (Magnolia grandiflora) sogar mit einander netzartig in Verbindung stehenden Porencanäle sind äusserst fein (Fig. 35). Jod und Schwefelsäure sowohl als Chlorzinkjodlösung färben alle Schichten der Zellhülle bis zu der jüngsten immer gelb (Fig. XXXVII., *b*, *c*), erst nach dem Kochen mit Aetzkalilösung, oder nach der Behandlung mit dem Schulz'schen Macerationsmittel tritt die charakteristische Reaction auf Zellstoff hervor.

Fig. 35.

Verholztes Parenchym aus der Fruchtschale von Juglans regia mit verzweigten Porencanälen. Vergr. 1 : 660.

Meyen: Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. I.
Schleiden: Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 3. Aufl. Bd. I.
H. v. Mohl: Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. 1812.
Th. Hartig: Vollständige Naturgeschichte der forstwirthschaftlichen Culturpflanzen. 1851.
Unger: Anatomie und Physiologie der Pflanzen.
Schacht: Die Pflanzenzelle und Lehrbuch der Anatomie u. Physiologie. Bd. I.

2. Faserzellen.

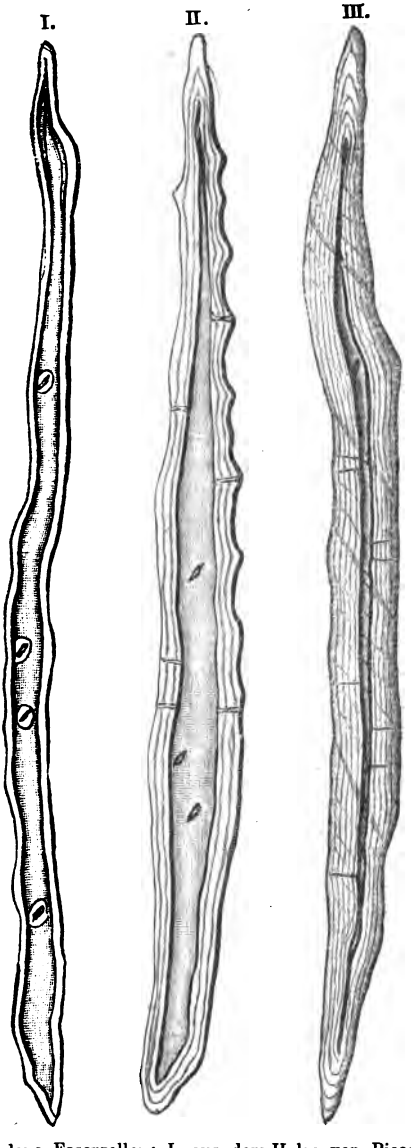
Das Vorkommen der Faserzellen ist beinahe völlig auf das Gefässbündel beschränkt und erscheinen sie daselbst sowohl in dem Holz- als

Digitized by Google

in dem Basttheile. Nur in einzelnen Fällen trifft man dieselben auch in anderen Geweben, namentlich in Mark und Rinde.

Gestalt der Faserzellen. Die Faserzellen zeichnen sich auch vor den langgestreckten Parenchymzellen in der Regel dadurch aus, dass ihre Längenausmessung die beiden anderen Dimensionen bedeutend überwiegt. Jedoch lässt sich in dieser Beziehung nicht immer eine ganz strenge Trennung durchführen, indem man nicht selten Faserzellen antrifft, welche die erstgenannte Zellenart kaum an Länge übertreffen oder gar hinter sehr gestreckten Parenchymzellen zurückbleiben. In senkrechter Richtung berühren sich die Faserzellen in der Regel allseitig mit mehr oder minder schief gestellten Flächen, so dass im Allgemeinen ihre Gestalt eine doppelt spindelförmige, prismatisch pyramidale, cylindrisch kegelförmige oder doppelt kegelförmige wird (Fig. 36). Nur in seltenen Fällen begegnet man horizontal gestellten Scheidewänden, wie bei den vereinzelten Bastzellen der Euphorbien (Fig. 37).

Fig. 36.



Verschiedene Faserzellen; I. aus dem Holze von Picea vulgaris, II. aus dem Baste einer Palme (Sabal umbraculifera), III. aus dem Baste von Larix europaea. Vergr. 1 : 125.

Im Allgemeinen sind die Faserzellen einfach, hie und da kommen jedoch auch verzweigte Faserzellen vor, so in

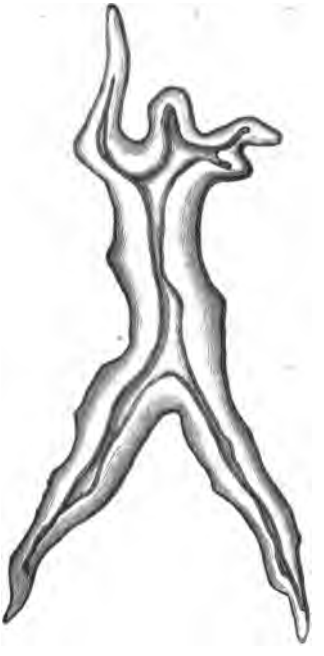
Digitized by Google

dem Holzkörper des Kürbisstengels, der Linde, in dem Basttheile und den Blättern der Asclepiadeen und Apocyneen (siehe Fig. 12, Seite 64), fer-

Fig. 37.

Eine Bastzelle aus der Wurzel von Euphorbia esula. Vergr. 1 : 370.

Fig. 38.



Verzweigte Bastzelle von Larix europaea. Vergr. 1 : 200.

ner in dem Marke der Rhizophora, in dem Baste der Lärche und der Auracaria (Fig. 38).

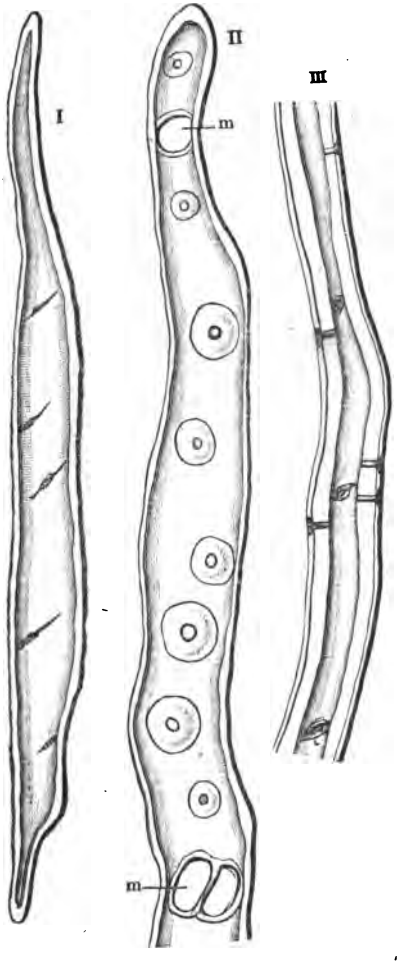
Structur der Zellhülle. — Die Zellstoffhülle der Faserzellen ist immer mehr oder weniger verdickt. Es lassen sich neben der primären Hülle immer noch secundäre und tertiäre Verdickungsschichten beobachten. Geringer verdickte Faserzellen finden sich in dem Holzkörper der krautartigen Pflanzen, ferner in dem inneren Theile des Jahresringes der Nadelhölzer, der weichen Laubholzarten, der Linde u. s. w., minder zahlreich, in Gruppen oder Bändern geordnet, oder auch mehr unregelmässig zerstreut, in dem Holze der anderen Laubbäume, Eiche u. s. w.). Sehr stark verdickte Faserzellen bietet der Basttheil der meisten Gewächse, ausserdem findet man sie in dem äusseren Theile des Jahresringes der Nadelbäume und mancher weichen Laubholzarten, sowie verschieden gruppirt in dem Holzkörper der harten Laubhölzer.

Die secundären Verdickungsschichten erscheinen häufig, namentlich bei den Zellen des Bastes, auf das deutlichste geschichtet, was man sowohl auf dem Quer- als auf dem Längsschnitte erkennt. In anderen Fällen aber,

Digitized by Google

so bei vielen Holzzellen, bilden dieselben eine homogene, an Dichtigkeit der primären und tertiären Hüllschicht nachstehende Masse. Wo die Schichtung an den unverletzten Zellen nicht deutlich hervortritt, da erscheint dieselbe öfters nach der Behandlung aller der Reagentien, welche ein Aufquellen der Zellstoffhülle veranlassen, wie Kupferoxydammoniak, Schwefelsäure, Aetzkali, Salpetersäure und chlorsaures Kali.

Fig. 39.



Structur der Zellstoffhülle der Faserzellen. I. Wenig verdickte Holzzelle von Tilia grandifolia, mit spaltenförmigen, scheinbar unbehofften Poren. — II. Holzzelle von Pinus silvestris mit behoften Poren (*m m* Poren zwischen Holz- und Markstrahlenzellen). — III. Holzzelle aus Quercus pedunculata mit stark verdickter Zellhülle und spaltenförmigen kleinen Poren. Vergr. 1 : 400.

Die Formen der Verdickungsschichten zeigen hier bei weitem nicht jene Verschiedenheiten, welchen man bei den parenchymatischen Zellen und der nachfolgenden Zellenart begegnet. Am häufigsten findet sich die poröse Verdickung.

Unbehöfte oder vielmehr scheinbar unbehöfte Poren beobachtet man bei den Bastzellen sowohl als bei manchen Holzzellen (Fig. 36 II. u. 39, I. u. III.), und erscheinen dieselben immer nur dann geschlossen, wenn die betreffenden Zellen während des Winters Stärke führen, wie es bei manchen Holzzellen z. B. von Sambucus, Acer, Berberis etc. der Fall ist.

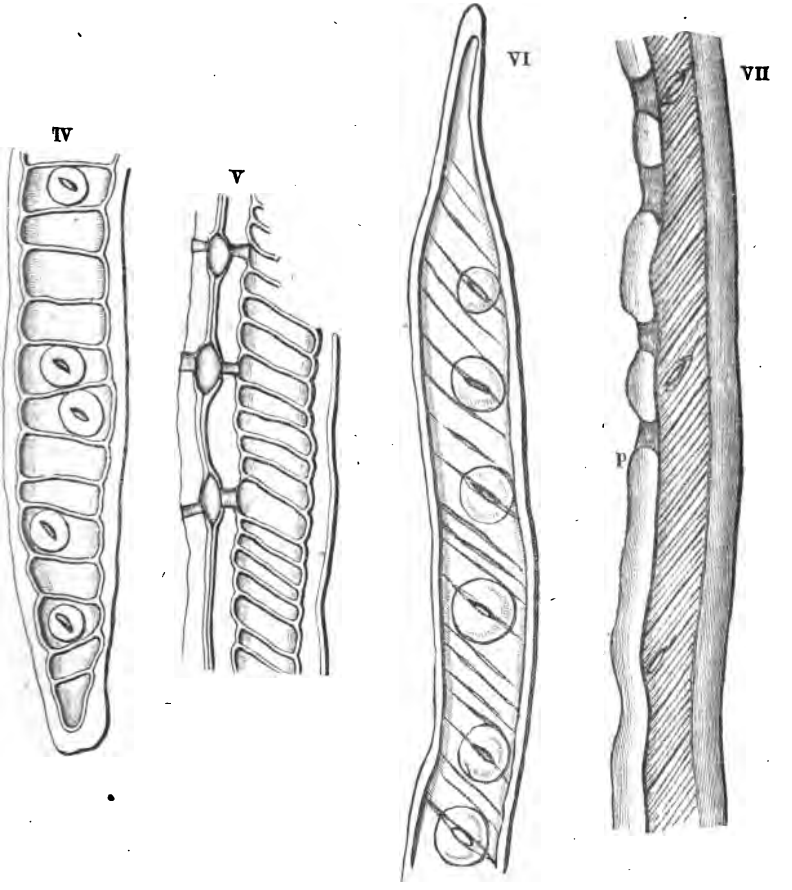
Poren mit verhältnissmässig grossem Hofe kommen am häufigsten bei den Holzzellen vor. Das Nadelholz hat nur deutlich oder gross behöfte Poren (Fig. 39, II. Fig. 40, IV. VI. VII.), und zwar ist Hof in den dünnwandigen Zellen des inneren Theiles der Jahresringe weit grösser als in den dickwandigen des äusseren Theiles. Die grossbehöften Poren sind im ausgebildeten Zustande immer offen, sobald sich nur die Wände von Faserzellen oder von Faser- und Röhrenzellen berühren, wo dagegen die Wände der letzteren

Digitized by Google

mit denen von Parenchymzellen zusammenstossen, da erscheinen die Poren geschlossen.

Ein schmales, weitgewundenes Spiralband tritt neben den behöften Poren in den Holzzellen des Eibenbaumes (Taxus) (Fig. 40, IV.), des Weinstockes (Vitis vinifera), des Seidelbastes (Daphne mezereum), des wolligen Schneeballes (Viburnum Lantana) etc. mit entsprechend engeren Windungen in den Herbstholzzellen von Picea vulgaris (wo diese mit der nachfolgenden Form verwechselt worden ist) auf (Fig. 40, V.) und

Fig. 40.



Structur der Zellstoffhülle der Faserzellen. IV. Holzzelle von Taxus baccata mit behöften Poren und Spiralband. — V. Holzzelle aus dem äusseren Theile des Jahresringes von Picea vulgaris mit Spiralband (sogenannter spiraliger Streifung). — VI. Eine ähnliche Zelle aus dem inneren Theile mit breitem Spiralbande und schmalen unverdickten Zwischenräumen. — VII. Abnorm verdickte Zelle aus dem inneren Theile des Jahresringes vom Astholze der Pinus silvestris mit feiner spiraliger Streifung und zerstreuten spaltenförmigen, behöften Poren. Vergr. 1 : 400. Fig. V. 1 : 1000.

Digitized by Google

gehört der tertiären Verdickungsschicht an. Breite Spiralbänder mit sehr schmalen unverdickten Stellen der Zellstoffhülle, so dass man von einer spiraligen Streifung spricht, beobachtet man häufig in den stark verdickten Holzzellen des äusseren, seltener in den weniger verdickten Zellen des inneren Theiles der Jahresringe und sehr schön ausgeprägt in dem abnorm verdickten Frühlingsholze der Aeste und Zweige unserer Nadelbäume (Fig. 40, VI. u. VII.), sowie der meisten übrigen verdickten Holz- und Bastzellen. Hier gehört die spiralige Ablagerung der Verdickungsschichten den secundären Lagen der Zellstoffhülle an. Wo diese Streifung nicht schon an den frischen Zellen hervortritt, da wird sie oft nach der Behandlung mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali oder anderen, Quellungserscheinungen hervorrufenden Reagentien deutlich und tritt dann, wie dies bei breiteren unverdickten Stellen schon an dem unverletzten Querschnitte der Fall ist, auf dem Querschnitte in Form von radialen aus dem Lumen nach der Peripherie der Zelle verlaufenden, feinen Streifen hervor, die sehr engen Porencanälen ähneln und auch für solche angesehen worden sind (Fig. 16, Seite 84).

Bei den Bastzellen der Asclepiadeen und Apocyneen zeigen die secundären Verdickungsschichten hie und da einfache Streifung (Fig. 41, I.), häufiger die auf Seite 81 u. f. besprochene interessante Formenbildung, indem das Spiralband in verschiedenen Schichten eine gerade entgegengesetzte Richtung besitzt, so dass die Zellstoffhülle von rhombischen Feldern bedeckt erscheint (Fig. 41, II.). Die dritte von Schacht für diese Zellen beschriebene horizontal gestreifte Schicht ist in den unverletzten Zellen entweder nicht vorhanden und wird erst durch Reagentien hervorgerufen, welche Quellungserscheinungen bewirken, wodurch die secundären Verdickungsschichten sich verkürzen und in der tertiären eine Faltung veranlassen (Fig. 41, III.), oder sie beruht auf anderen Verhältnissen, die theils in Durchschnittsansichten der unverdickten Stellen, theils in einer Faltung gewisser Schichten ihren Grund haben.

Eine unregelmässige Anordnung der spiralig spaltenförmigen verdünnten Stellen in den verschiedenen Lagen der secundären Ablagerungen hat Schacht in den Bastzellen mancher Palmen und in den Zellen einiger Holzarten nachgewiesen, dieselbe aber in seiner neueren unten angeführten Arbeit auf Zerstörung durch Pilze zurückgeführt. Eine ähnliche Configuration der secundären Zellstoffschichten findet sich hie und da in Verbindung mit scheinbar unbehöften Poren bei Brugmannsia suaveolens (Fig. 42), wo sie aber durchaus nicht auf der Zerstörung durch Pilzvegetation beruht.

Von Pilzen bewirkte Zerstörung der Verdickungsschichten. — Die Zerstörung, welche die Pilze in den Verdickungsschichten der Faserzellen hervorbringen, geschieht entweder vom Lumen der Zellen aus und kann dann bis zum mehr oder minder vollständigen Verschwinden der ersteren fortschreiten, wie es z. B. bei der Weissfäule der Buche ge-

Digitized by Google

schieht (Fig. 43, I.), oder die Pilzfäden dringen durch die offenen Porencanäle ein (Fig. 43, III) und es folgen ihre Bahnen der Richtung der Verdickungsschichten, so dass in der Regel spiral- oder netzförmige Aushöhlungen erscheinen. Häufig verfolgt der eindringende Pilz indessen nicht allein diese Wege und verzweigt sich mannigfach, so dass auf den Zellhüllen die verschiedenartigsten Zeichnungen entstehen. Zur Beobachtung dieser Erscheinungen, die

Fig. 41.

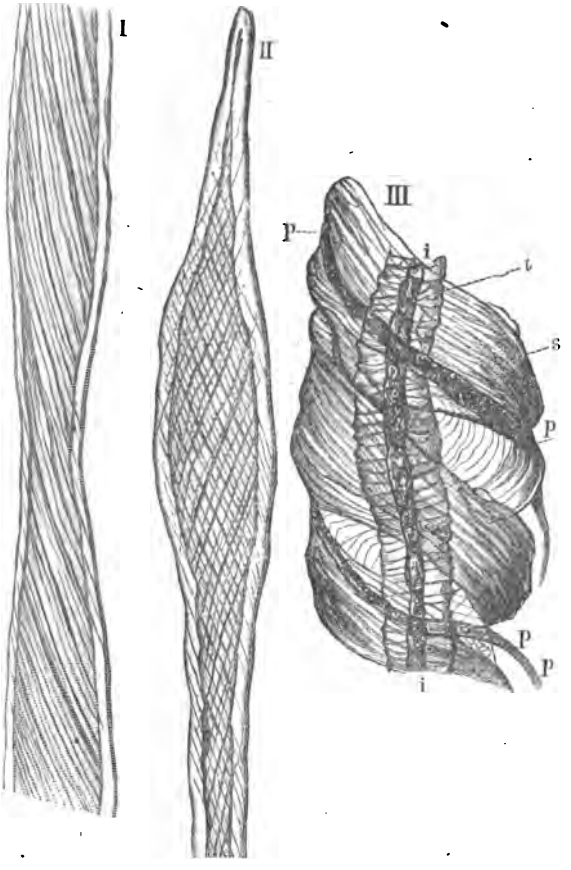


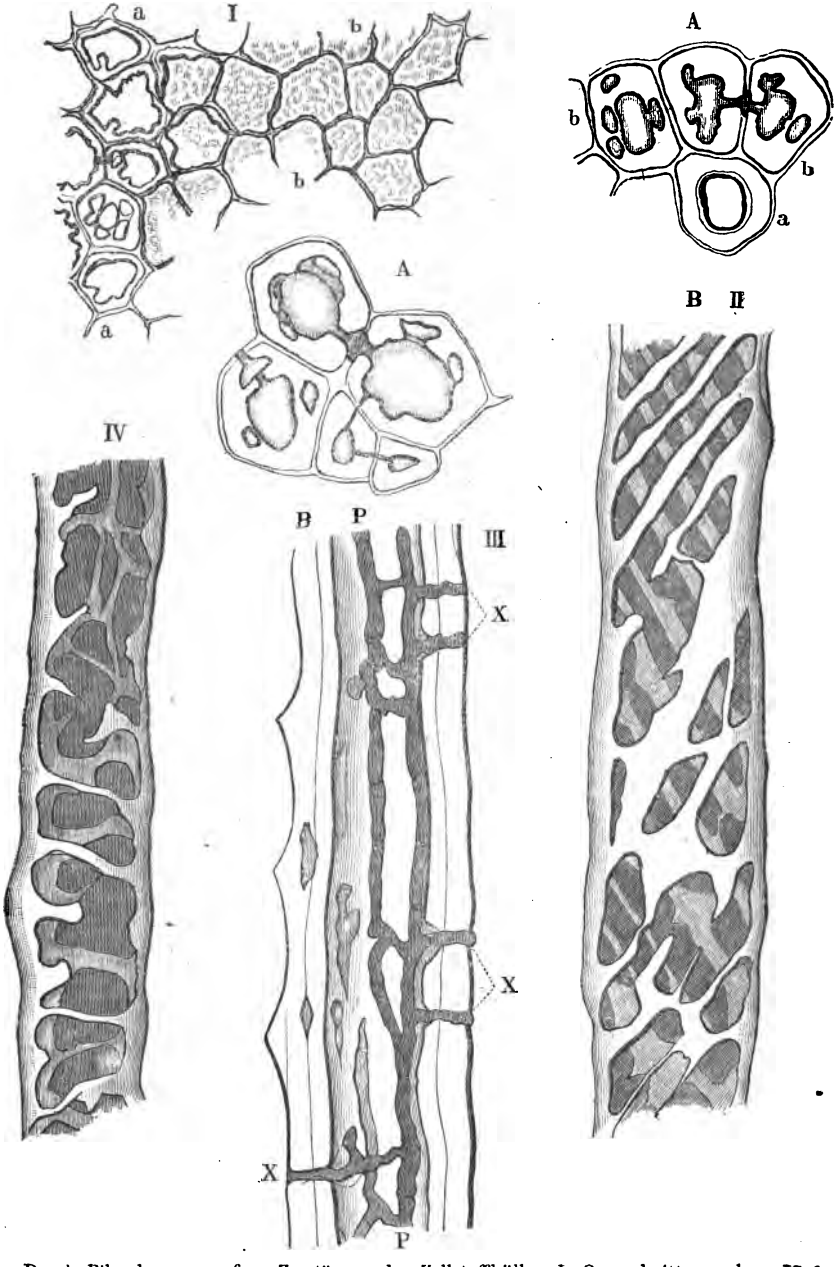
Fig. 42.

I. Einfach gestreifte Bastzelle von Asclepias syriaca. — II. Bastzelle von Cynanchum vincetoxicum mit sich kreuzenden Spiralstreifen in verschiedenen Schichtencomplexen. — III. Eine einfach gestreifte Bastzelle von Asclepias syriaca nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *ii* Inhalt, *p* primäre Zellhülle in Fetzen zerrissen, *s* aufgequollene secundäre (gestreifte) Verdickung, *t* tertiäre Zellhülle, in Folge der durch den Einfluss des Reagenses herbeigeführten Verkürzung der Zelle horizontal gestaltet. Vergr. 1 : 370.

Bastzelle von Brugmannsia suaveolens mit spaltenförmigen, senkrecht gerichteten, verdünnten Stellen, breitem Spiralbande der inneren Verdickungsschichten und sämmtliche Zellhüllschichten durchbrechenden Poren. Vergr. 1 : 1000.

Digitized by Google

Fig. 43.



Durch Pilze hervorgerufene Zerstörung der Zellstoffhülle. I. Querschnitt aus dem **Holze** von Fagus sylvatica, bei *aa* die Zerstörung der secundären Schichten noch im **Werke**; bei *bb* die ganze Zellhülle bis auf mehr oder minder grosse Reste der primären **Schicht** zerstört und das Zellenlumen mit einer grumosen Masse erfüllt. Vergr. 1 : 660. —

Digitized by Google

ich hier nicht weiter verfolgen und bezüglich deren ich nur auf die beigegebenen Figuren (Fig. 43, I. bis IV.) und deren Erklärung, sowie auf die Schacht'sche Arbeit verweisen will, dienen theils Quer- und Längsschnitte, theils isolirte Zellen aus den betreffenden Pflanzentheilen.

Um sich genauen Aufschluss über die Beschaffenheit der secundären Ablagerungen überhaupt, namentlich aber über den Bau und die Anordnung der Poren zu verschaffen, muss man zarte Querschnitte sowohl als radiale und tangentiale Längsschnitte zur Beobachtung verwenden.

Man wird sich auf diese Weise das Geschlossen- oder Offensein der Porencanäle zur Anschauung bringen und davon überzeugen, dass die deutlich behöften Poren vorzugsweise auf den mit den Markstrahlen parallelen (radialen) Wandungen, seltener auf den nach dem Marke und nach der Rinde gewendeten (tangentialen) Wandflächen vorkommen, dass dagegen die scheinbar unbehöften Poren ziemlich gleichmässig nach allen Seiten vertheilt sind.

Ausser zarten Schnitten muss man aber auch zu Macerationspräparaten greifen und die Faserzellen in isolirtem Zustande beobachten, weil nur auf diese Weise eine klare Anschauung der äusseren Gestalt erlangt werden kann, die auf den Längsschnitten niemals scharf genug ausgeprägt hervortritt. Man verwendet am passendsten zu den Macerationspräparaten etwas dicke Längsschnitte, und lässt auf dieselben das macerirende Gemisch so lange einwirken, bis die anfänglich eintretende gelbe Färbung der Schnitte wieder verschwindet. Alsdann kocht man die, in eine flache, mit reinem Wasser gefüllte Schale geschütteten Schnitte einigemal in destillirtem Wasser, zuletzt mit Weingeist aus, um jede Spur der angewendeten Agentien daraus zu entfernen. Unter dem Präparirmikroskope kann man jetzt mittelst der Nadel die Zellen isoliren und auslesen, um sie unter dem Compositum zu betrachten, wobei man nicht versäumen darf, dieselben erforderlichen Falles um ihre Längsachse zu rollen.

Chemisches Verhalten der Zellhülle. — Das chemische Verhalten der verschiedenen Schichten der Zellstoffhülle, welche im jugendlichen Zustande immer aus reinem Zellstoff bestehen, ist bei den Faserzellen verschieden, und hat man sich durch die Anwendung der passenden Reagentien davon eine völlig genügende Kenntniss zu verschaffen.

In allen ihren Schichten unverholzte Faserzellen habe ich bis jetzt vorzugsweise in dem Basttheile des Gefässbündels der Asclepiadeen und Apocyneen gefunden. Behandelt man einen zarten Querschnitt von Ne-

II. Holz von Anona laevigata. *A* Querschnitt, bei *a* eine unverletzte Zelle, bei *bb* beginnende Zerstörung. *B* Theil einer macerirten Zelle mit schon weit fortgeschrittener Zerstörung, so dass nur noch einzelne Brücken der Verdickungsschichten stehen (die ganz zerstörten Stellen sind durch die dunkelste Schattirung angedeutet). Vergr. 1 : 780. — III. Bast aus Sabal umbracilifera. *A* Querschnitt einiger Zellen, *B* isolirtes Zellenstück mit noch in Thätigkeit begriffenen Pilzfäden (von brauner Farbe) *PP*, welche die Porencanäle durchdringen, bei *xx*. Vergr. 1 : 520. — IV. Theil einer fast völlig zerstörten Bastfaser von Toxodium distichum. Vergr. 1 : 520.

Digitized by Google

rium Oleander, Hoya carnosa, Asclepias currasavica oder Cynanchum vincetoxicum mit Chlorzinkjod oder mit Jod und Schwefelsäure, so zeigen die vereinzelt stehenden sowohl, als die gruppenweise geordneten, fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickten Bastzellen fast sofort nach der Einwirkung des Reagenses und in allen ihren Theilen die Zellstoffreaction (Fig. XL.). Wo diese Zellen, was bei den genannten Familien nicht immer der Fall ist, noch zu einem vollständigen Gewebe vereinigt sind, da zeigen sich zwischen den röthlichblau oder blau gefärbten Zellen noch zarte weiss oder schwach gelb gefärbte Streifen der Intercellularsubstanz, welche sich in den Ecken, wo mehrere Zellen zusammenstossen, zu drei- bis viereckigen Zwickeln verdicken.

Eine Verholzung der primären und wohl auch der älteren secundären Zellstoffschichten, während die jüngeren secundären sowohl, als auch hie und da die tertiären Schichten unverholzt bleiben, tritt bei den Bastzellen von Urostigma- und Ficus-Arten, von Cytisus und Acer, ferner bei den stark verdickten, weniger häufig mit Poren besetzten Holzzellen der Eiche, des Ahornes, der Besenpfrieme u. s. w. auf. Nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung färben sich hier die tertiäre, sowie entweder die älteren und jüngeren secundären, oder doch die jüngeren secundären Verdickungsschichten, welche sich schon im unverletzten Zustande durch ihr gallertartiges Aussehen auszeichnen, röthlich bis röthlichblau und zwar so, dass die Färbung der ersteren Schichten sich mehr dem Blau nähert als die der anderen (Fig. XLI. *t* u. *s*). Die primäre Zellstoffhülle oder diese sammt der ältesten secundären und häufig auch der tertiären Schicht nehmen dagegen eine verschieden nüancirte gelbe Färbung an (Fig. XLII. *p* u. *t*). Kocht man diese Zellen in Aetzkali oder behandelt man sie mittelst des Schulz'schen Macerationsgemisches, wäscht sie gehörig aus, und wendet dann Chlorzinkjodlösung an, so färben sich auch die vorher gelben Schichten der Zellstoffhülle in der dem Zellstoff eigenen Weise. Nur die Intercellularsubstanz gibt sich, wo sie nicht durch die vorgängige Behandlung aufgelöst worden war, durch ihre gelbe Färbung zu erkennen.

In den meisten Fällen erscheinen sämmtliche Schichten der Zellstoffhüllen unserer Zellen mehr oder minder stark verholzt (Fig. XXX., XXXII. und XXXIII.), oder es zeigt doch nur die tertiäre Verdickungsschicht Zellstoffreaction. Letzteres ist jedoch nicht immer der Fall, wie Schacht behauptet. Je nach dem Verholzungsgrade treten auf die Einwirkung von Jod und Schwefelsäure oder von Chlorzinkjodlösung die weiter oben näher beschriebenen Farbenabänderungen ein. Kocht man die betreffenden Objecte jedoch mit Aetzkali oder mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali, so reagiren sämmtliche Theile der Zellstoffhülle auf Cellulose und nur die Intercellularsubstanz nimmt, wo sie etwa nicht zerstört ist, ihre gelbe Färbung an.

Da wo die Faserzellen an Parenchymzellen anstossen, wo dieselben also geschlossene Poren besitzen, bleiben die Theile der Zellstoffhülle,

Digitized by Google

welche die Schlusswände dieser letzteren bilden, ganz unverholzt oder verholzen doch nur in geringerem Grade, so dass sie sich entweder sofort oder doch nach längerer Einwirkung von Chlorzinkjodlösung oder Jod und Schwefelsäure mehr oder minder rein violett bis blau färben.

Literatur: Die betreffenden Abschnitte aus den unter 1. (Parenchymzellen) angeführten Werken.

Th. Hartig: In Bot. Zeitung 1848, 1853 u. 1859.

Schacht: Ueber eigenthümliche Erscheinungen in den Verdickungsschichten. Bot. Zeitung 1850, Seite 697 u. f.

Sanio: Einige Bemerkungen etc. Ueber die tertiäre Verdickungsschicht der Holzzellen. Bot. Zeitung 1860, Nro. 23.

C. Sanio: Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers. Botanische Zeitung 1863, Nro. 13 u. f. II. Bastfaserähnliches System.

Schacht: Ueber die Veränderungen durch Pilze in abgestorbenen Pflanzenzellen. Pringsheims Jahrbücher, Bd. III., Heft III. 1863.

3. Röhrenzellen.

Vorkommen der Röhrenzellen. — Die Röhrenzellen treten wie die vorhergehenden nur in dem Gefässbündel auf und gehören theils dessen Holztheil (Gefässe der Autoren), theils dessen Basttheil (Siebröhren, Gitterzellen) an.

Gestalt der Röhrenzellen. — Die Gestalt dieser Elementarorgane ist seltener eine prismatische, häufiger eine cylindrische, wobei die Längendimension über die beiden anderen bald sehr bedeutend, bald nur wenig überwiegt. Von den gestreckten Parenchym- und den Faserzellen unterscheiden sich die Röhren- oder Gefässzellen wesentlich dadurch, dass ihre horizontalen bis mehr oder minder geneigten Querscheidewände entweder nur solange vorhanden bleiben, als sie noch Säfte führen und resorbirt werden, sobald Luft als deren Inhalt auftritt, oder dass dieselben wo sie bleiben, eine von jener der Längswände meist deutlich zu unterscheidende Configuration besitzen.

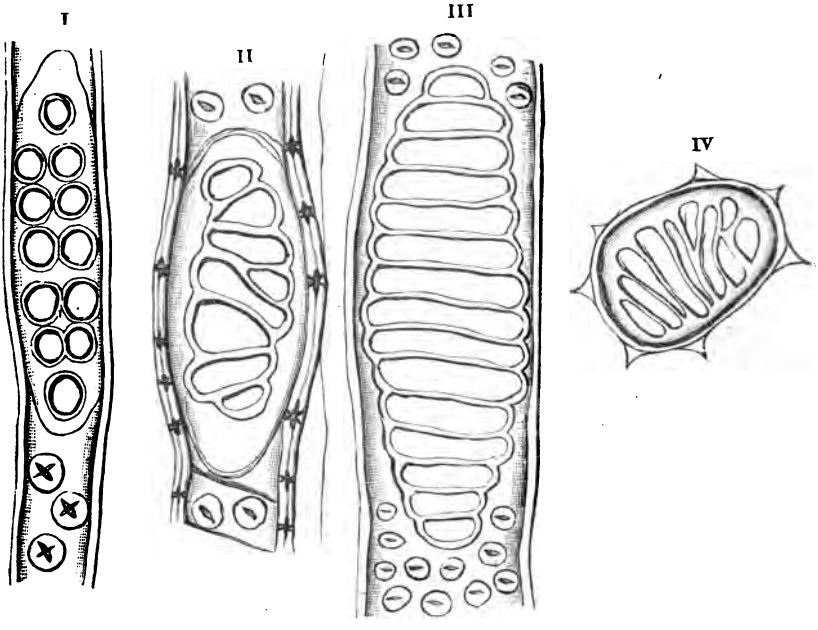
Die Durchbrechung der Querscheidewände erfolgt auf verschiedene Weise.

Bei solchen Gefässzellen des Holzbündels, wo die Querwände horizontal stehen oder doch nur wenig geneigt sind, wird die Durchbrechung meistens mittelst eines grossen, behöften Poren bewerkstelligt, so bei Quercus, Fagus, Fraxinus, Carica u. s. w. (Fig. 50, Seite 128) und erscheint nur selten netzförmig durchbrochen, wie bei Pteris aquilina (Fig. 44, IV.). Nehmen die Scheidewände eine mehr geneigte Lage an, so trifft man, wo nicht ein einfacher grosser Porus auftritt, entweder runde (Ephedra), (Fig. 44, I.) oder längliche Poren (Lonizera, Viburnum, Corylus, Carpinus etc.) als sogenannte netz- und leiterförmige Durchbrechung (Fig. 44, II. und III.).

Digitized by Google

Verdickungsweisen der Röhrenzellen. — Man unterscheidet von den Röhrenzellen, deren Wandung nur in den allerersten Entwickelungsstadien homogen erscheint, je nach der Configuration der Verdickungsschichten ihrer Zellstoffhüllen, welche indessen fast niemals eine so bedeutende Stärke erreichen, wie es bei manchen Faserzellen der Fall, verschiedene Formen.

Fig. 44.



Verschiedene Durchbrechung der Gefässscheidewände. I. Aus dem Längsschnitt von Ephedra distycha (porös). — II. Desgleichen von Lonicera caprifolium (netzförmig). — III. Desgleichen von Betula alba (leiterförmig). — IV. Aus dem Querschnitte durch ein Gefäss von Pteris aquilina mit horizontaler netzförmig durchbrochener Scheidewand. Vergr. 1 : 400.

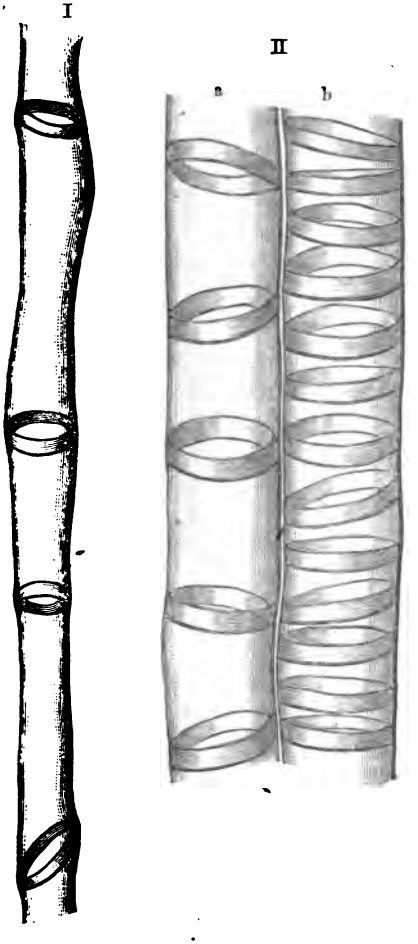
Ringförmig verdickte Röhrenzellen.

Die ringförmig verdickten Röhrenzellen bilden die Ringgefässzellen oder Ringgefässe in der Markscheide der Gymnospermen und Dikotyledonen; sie finden sich neben den Spiralgefässen in den Gefässbündeln der Monokotyledonen und fehlen auch jenen der Gefässkryptogamen nicht. In der Markscheide des dikotyledonen Gefässbündels sind sie meistens sehr eng und von bedeutender Länge. Weitere Ringgefässe trifft man in dem Stengel der krautartigen Gewächse (Balsamine u. s. w.) sowie in

Digitized by Google

dem Gefässbündel der Monokotyledonen (Phragmites, Calamus, Zea, u. s. w.). In den ersteren sind die Ablagerungsschichten von geringerer Mächtigkeit, dagegen erreichen sie in den Ringzellen der Monokotyledonen, der Balsamine u. s. w. eine bedeutende Dicke und lassen häufig mit voller Bestimmtheit eine optische Verschiedenheit der primären, secundären und tertiären Schichten erkennen, wie dies schon auf Seite 77 hervorgehoben worden ist (Fig. 45). Die Form dieser Röhrenzellen ist bald eine rein cylindrische, bald erscheinen sie zwischen je zwei Ringen tonnenförmig erweitert (Fig. 20, V., S. 77).

Fig. 45.



Ringförmig verdickte Röhrenzellen. I. Von Balsamina hortensis mit sehr weit abstehenden Ringen. — II. Von Phragmites communis, *a* mit weiter abstehenden, *b* mit mehr genäherten Ringen. Vergr. 1 : 400.

Spiralförmig verdickte Röhrenzellen.

Die spiralförmig verdickten Röhrenzellen theilen mit den voranstehenden gleiches Vorkommen. In der Regel erscheinen sie in der Markscheide der Dikotyledonen in solcher Reihenfolge, dass am weitesten nach Innen Zellen mit sehr weiten Windungen des Spiralbandes stehen, während weiter nach Aussen die Windungen immer enger werden. Hervorgerufen wird diese Verschiedenheit durch das Wachsthum des betreffenden Theiles der Gefässbündel. Wo dieses noch eine bedeutende Streckung erleidet, da rücken die Windungen während des Entwickelungsganges mehr und mehr auseinander, während sie in solchen Zellen, die ihre ursprüngliche Länge nahezu beibehalten, fast in ihrer anfänglichen Stellung verharren.

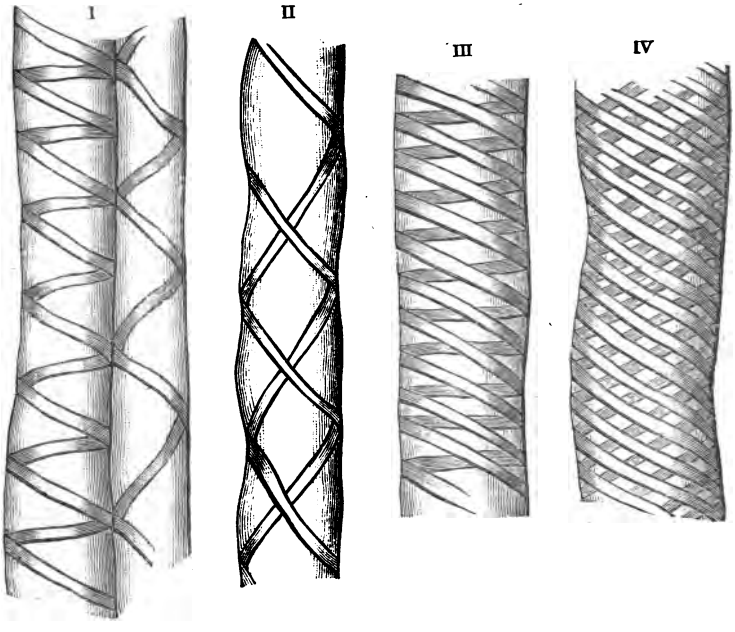
Die Richtung der Windungen ist in den meisten Fällen linksläufig, d. h. sie steigen von Rechts nach Links in die Höhe. Man trifft indessen

Digitized by Google

auch häufig rechts gewundene, d. h. von Links nach Rechts aufsteigende Spiralbänder an.

Die Anzahl der Spiralbänder kann von einem einzigen bis zu zehn und mehreren steigen, wofür namentlich die Spiralgefässe der Dahlia-, Musa- und Canna-Arten u. s. w. schöne Beispiele liefern (Fig. 46).

Fig. 46.



Spiralig verdickte Röhrenzellen; I. aus Dahlia variabilis, mit einfachem Spiralbande; II. und III. aus Balsamina hortensis, mit doppeltem Spiralbande; IV. aus Dahlia mit sechs Spiralbändern. Vergr. 1 : 370.

Wo das Spiralband in ziemlicher Mächtigkeit entwickelt ist, wie bei Balsamina hortensis, Arundo donax, Phragmites communis, Calamus Rotang, da erkennt man ebenso wie bei den Ringzellen, deutlich dessen Zusammensetzung aus einer secundären und tertiären Verdickungsschicht (Fig. 21, Seite 79).

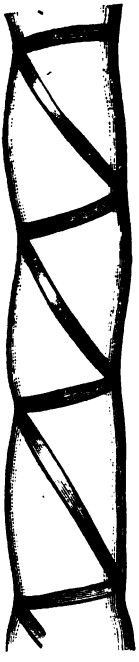
Uebergänge. — Uebergänge der spiraligen Verdickung in die ringförmige findet man nicht selten und zwar in ein und derselben Zelle, so dass ein Theil Ringe der anderen Spiralbänder enthält oder dass zwei aufeinanderfolgende Ringe durch ein fast senkrecht aufsteigendes Spiralband mit einander verbunden sind (Fig. 20, IV., Seite 78).

Entstehung der Verdickungsbänder. — Die Entstehung der ringförmigen sowohl als der spiraligen Verdickungsschichten der Röhrenzellen lässt sich bei den meisten Gewächsen kaum verfolgen, da die be-

Digitized by Google

treffenden Gewebe zu kleinzellig und in der Regel mit einem sehr trüben Inhalte erfüllt sind. Macht man z. B. Längsschnitte durch den Vegetationskegel irgend einer im Langenwachsthum begriffenen Pflanze, so kann man zwar beobachten, wie die jüngsten Zellen einer senkrechten Reihe noch die parenchymatische Form haben, während die älteren sich mehr und mehr strecken und nach und nach mit ring- oder spiralförmigen Verdickungsschichten gezeichnet erscheinen. Das Hervorgehen der letzteren aber aus dem Inhalte resp. aus dem Protoplasma lässt sich kaum mit Sicherheit feststellen. Leichter gelingt die Verfolgung dieses Prozesses in den jüngeren Stengelgliedern solcher krautartigen Gewächse, in denen die jüngeren Spiralröhren weiter und kürzer sind, sowie in den Gefässbündeln der Monokotyledonen. Soweit hier meine Beobachtungen, die noch keineswegs vollkommen abgeschlossen sind, mir einen Anhaltspunkt gewähren, entstehen die in Rede stehenden Verdickungsschichten ganz in derselben Weise, wie ich es bei den Schleuderzellen der Lebermoose, sowie bei den Spiralzellen in der Wand der Lebermooskapsel und der Antheren beobachtet habe (Fig. XXVI.).

Fig. 47.



Spiralig verdickte Röhrenzelle aus Tradescantia virginica (Blüthenschaft), mit einem Spiralbande, welches an der vorderen Seite eine weit stärkere Steigung zeigt, wie an der hinteren. Vergr. 1 : 400.

Auf die Entstehung und spätere Form der Spiralbänder, namentlich was ihre Steigung betrifft, sind, wie wir dies auch bei den später zu betrachtenden Formen finden werden, die miteinander in Berührung stehenden Zellen sicher nicht ganz ohne Einfluss. So trifft man z. B. häufig auf Fälle, wo die Spirale in der Art entwickelt ist (Tradescantia, Arundo, Phragmites, Zea), dass sie an der einen Seite eine ziemlich steile Steigung besitzt, während sie an der anderen Seite fast horizontal oder nur sehr wenig steigend verläuft (Fig. 47).

Präparationsweise. — Um sich über die Structur der Spiralröhren, namentlich auch über die Zahl der Spiralbänder Aufschluss zu verschaffen, sind neben zarten Längs- und Querschnitten vorzugsweise Macerationspräparate geeignet. Für die Untersuchungen über die Entstehung der Verdickungsschichten sind dagegen nicht zu zarte Längsschnitte anzufertigen, in denen man unverletzte Röhrenzellen erhält, und ist es gut, eine mit dem Protoplasma etwa gleiches endosmotisches Aequivalent besitzende Flüssigkeit, wie deren auf Seite 271 des ersten Bandes beschrieben sind, anzuwenden, um abnorme Diffu-

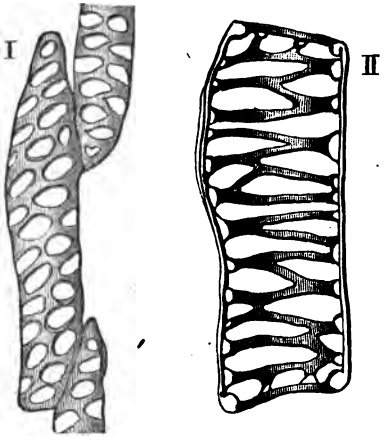
Digitized by Google

sionsverhältnisse und damit Störungen in dem bildungsfähigen Inhalte zu vermeiden.

Netzförmig verdickte Röhrenzellen.

Netzförmig verdickte Röhrenzellen (Fig. 48) finden sich fast in allen Samenpflanzen; am schönsten jedoch in den krautartigen (Balsamine, Kürbis, Schöllkraut u. s. w.). Sie folgen im Alter auf die Spiralzellen, und stehen somit im Gefässbündel weiter nach Aussen als diese. Da sie ihre Ausbildung zu einer Zeit erlangen, wo die Längenerstreckung des betreffenden Gewebetheiles auf ein sehr kleines Maass herabgesunken ist oder ganz aufgehört hat, so sind diese Zellen in der Regel verhältnissmässig kurz, dagegen erlangen sie nicht selten eine bedeutende Weite. Auch hier trifft man häufig auf Uebergänge der Spiralzellen in netzförmig verdickte Zellen. Sehr schön sind dieselben in dem Stengel der Gartenbalsamine zu beobachten, wo überhaupt die netzförmig verdickten Röhrenzellen in den mannigfachsten Modificationen auftreten.

Fig. 48.



Netzförmige Röhrenzellen; I. aus dem Stengel von Cucurbita pepo; II. aus dem Astholze von Carica mikrocarpa, im Durchschnitt gesehen. Vergrösserung 1 : 400.

Entstehung der Verdickungsschichten. — Die Entstehung der netzförmigen Verdickungsschichten ist weit sicherer zu verfolgen als die der Spiralbänder. Ich habe dieselbe in den jungen, kräftig wachsenden Internodien der Balsamine sowohl als der Brugmannsia suaveolens beobachtet und mich davon überzeugt, dass sie ihrem Ursprung nach mit den netzförmig verzweigten Wandströmen des Protoplasmas in engster Beziehung steht.

Ganz junge derartige Zellen, welche sich in ihrer Weite kaum von den übrigen mit ihnen entstandenen Zellen des Gefässbündels unterscheiden, sind mit einer gleichförmigen höchst feinkörnigen Wandschicht von Protoplasma ausgekleidet, und lassen sogenannte Binnenströmchen beobachten. Später zeigt sich bei den mehr erweiterten Zellen eine Anzahl zarter netzförmiger Protoplasmaströmchen (Fig. XXVIII., I.), die nach der

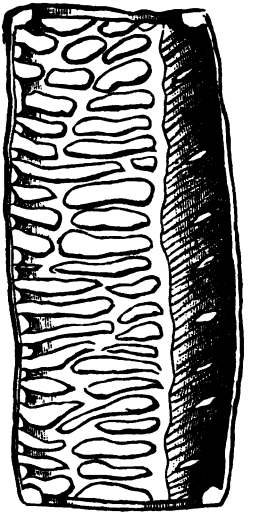
Digitized by Google

Anwendung eines wasserentziehenden Reagenses sich von der jungen Zellstoffhülle ablösen (Fig. XXVIII., II.). Nach und nach gehen diese Ströme in breitere, immer noch mehrfacher verzweigte (netzförmige) Ströme über, die gegen die Zellstoffhülle hin von einer mehr homogenen, dickflüssigeren, nach Innen von einer körnigen Substanz gebildet werden (Fig. XXVIII., III.). Auf dieser Entwickelungsstufe scheidet sich zwischen der Zellhaut (Primordialschlauch) und der Zellstoffhülle die verdickende Zellstoffschicht ab, und man erkennt nach der Behandlung mit einem der endosmotischen Mittel deren Vorhandensein.

Obwohl es bei aller angewendeten Vorsicht in Bezug auf die Beobachtungsflüssigkeit u. s. w. nicht immer gelingt, die Bewegung des Protoplasmas mit Sicherheit zu erkennen, so muss es doch auf jeden Fall gerechtfertigt erscheinen, auch da, wo diese Strömchen mehr als ruhende Fäden erscheinen, deren ursprüngliche Bewegung anzunehmen und die Entstehung der Verdickungsschichten in der oben angegebenen Weise zu erklären.

Für die Ausführung der Beobachtung gilt ganz dasselbe, was ich oben bei den Spiralröhrenzellen hervorgehoben habe.

Fig. 49.



Netzförmig verdickte Röhrenzelle von Impatiens noli-tangere, welche da, wo sie an Holzzellen angrenzt, porös und feinspiralig gestreift erscheint. Vergr. 1 : 370.

Einfluss der angrenzenden Zellen auf die Form der Verdickungsschicht. — Auch bei den netzförmig verdickten Röhrenzellen macht sich der Einfluss der mit ihnen in seitlicher Verbindung stehenden Elementarorgane geltend. So habe ich namentlich bei den Balsaminen häufig beobachtet, dass die mit netzförmigen Röhrenzellen in Berührung stehenden Seiten netzförmig verdickt waren, während die an spiralige Röhrenzellen anstossenden spiralig, die an poröse Faserzellen grenzenden porös verdickt und hie und da mit feinen spiraligen Streifen gezeichnet erscheinen (Fig. 49).

Poröse Röhrenzellen.

Die porösen Röhrenzellen haben unter allen die weiteste Verbeitung. Die Poren sind hier immer deutlich behöfte. Bald sind Poren und Höfe kreisrund, bald die ersteren spaltenförmig, bald erscheinen beide mehr oder minder stark in die Breite gezogen (Fig. 50).

Die Weite der porösen Röhrenzellen wechselt je nach den Pflanzen und selbst in ein und derselben Pflanze bedeutend. Dieselbe ist in dem

Digitized by Google

inneren Theile der älteren Jahresringe immer grösser, als in dem äusseren. Ebenso zeigt das Wurzelholz weitere Röhrenzellen als das Stamm- und Astholz, so dass sich bei der Eiche das Verhältniss ihres Durchmessers bei Wurzel-, Stamm- und Astholz als entschieden merkbar darstellt. Die weitesten Röhrenzellen kommen unter unseren einheimischen dikotyledonen Gewächsen in dem Gefässbündel der Waldrebe, der Eiche, des Kürbis u. s. w. vor.

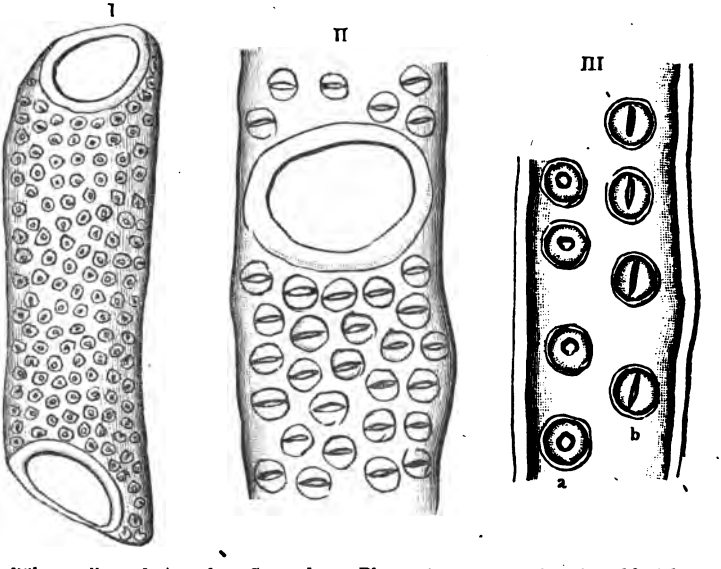
Bei den einheimischen Monokotyledonen trifft man in je einem Gefässbündel meistens nur eine oder wenige weite Röhrenzellen, während sie bei den Gefässkryptogamen namentlich den Farrenkräutern allgemein eigen sind.

Unter den tropischen Pflanzen sind es namentlich die Schlingpflanzen, sodann einige Palmen (Calamus Rotang), welche ausserordentlich weite Röhrenzellen besitzen; ja diejenigen der letzteren Pflanze sind die weitesten, die ich bis jetzt beobachtet habe.

Rundbehöfte poröse Röhrenzellen. — Diese Röhrenzellen bilden den grösseren Theil der Dikotyledonen-Gefässe.

Die Poren sind, wie schon oben hervorgehoben, immer deutlich behöft, mögen sie an behöfte oder unbehöfte poröse Zellen anstossen. Anderweitigen Angaben muss ich in dieser Beziehung auf Grund sorgfältig an-

Fig. 50.



Poröse Röhrenzellen. I. Aus dem Stengel von Phragmites communis mit zahlreichen kleinen behöften Poren. — II. Aus dem Stamme von Brugmannsia suaveolens mit ziemlich grossen behöften spaltenförmigen Poren. — III. Aus Metteniusa sp. mit behöften Poren, bei *a* mit rundem, bei *b* (an Holzzellen grenzend) mit fast senkrecht stehendem spaltenförmigen Porencanal. Vergr. 1 : 400.

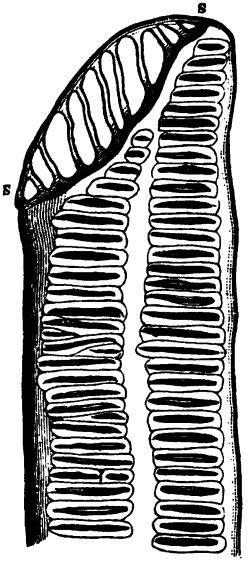
Digitized by Google

gestellter und zahlreicher Beobachtungen an unseren einheimischen Pflanzen widersprechen.

Der Porus selbst ist bald spaltenförmig und dann horizontal (Cucurbita pepo, Brugmannsia, Clematis) (Fig. 50, II.) oder linksläufig, seltener rechtsläufig ansteigend schief gestellt bis senkrecht (Fig. 50, III. *b*), bald erscheint derselbe kreisrund (Fig. 50, III. *a*). Auch trifft man häufig (Clematis) mehrere Poren von einem schmalen in die Breite gezogenen Hof umgeben.

Röhrenzellen mit in die Breite gezogenem Hofe, sogenannte Treppengefässe. — Die Röhrenzellen mit in die Breite gezogenen Poren und Höfen (Fig. 51) hat man als treppenförmige bezeichnet, obwohl eigentlich kein Grund vorliegt, dieselben von den porösen zu trennen. Man findet dieselben namentlich häufig in dem Gefässbündel der Gefässkryptogamen und Monokotyledonen. Sie treten aber auch, soweit meine eigenen Beobachtungen reichen, wenn auch mehr vereinzelt, fast in allen dikotyledonen Pflanzen auf. Aus dem Weinstock sind sie schon länger bekannt. Auch wurden sie schon von H. v. Mohl in der Markscheide der Zapfenbäume und Cykadeen beobachtet. Ich selbst habe in der neueren Zeit ihre weite Verbreitung in der ersteren Familie nachgewiesen. Von den übrigen Dikotyledonen zeigen sie namentlich die krautartigen Gewächse (Balsamine, Kürbis, Schöllkraut, Mohn, Kapuzinerkresse u. s. w.) sehr schön, ebenso aber auch manche Holzgewächse (Ficus, Urostigma, Lonicera, Viburnum, Daphne u. s. w.).

Fig. 51.



Theil eines sogenannten Treppengefässes von Pteris aquilina. *ss* die netzförmig durchbrochene Querscheidewand. Vergr. 1 : 370.

Die senkrecht offene Verbindung dieser Zellen wird bald durch einen einzigen grossen Tüpfel (Alsophila, Zea, Phragmites) bewirkt, bald ist sie eine netz- bis leiterförmige, so namentlich bei der Mehrzahl der Gefässkryptogamen, bei vielen Monokotyledonen und den meisten jener Dikotyledonen, welche sehr steil ansteigende Querwände besitzen (Lonicera, Vitis, Viburnum u. a.). Bei der Weisstanne habe ich in der Markscheide des Wurzelholzes in der neuesten Zeit dieselben hie und da mit nahezu horizontalen Scheidewänden angetroffen, welche einen grösseren oder zwei kleinere offene, behöfte Poren zeigten, die jenen der Holzfasern gleichen. Dies Verhältniss findet sich indessen manchmal auch bei den ihnen zunächst stehenden Holzzellen.

Bei den Monokotyledonen und Gefässkryptogamen sind auch die Querwände der

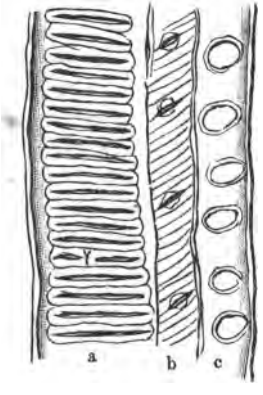
Digitized by Google

treppenförmigen Röhrenzellen häufig so sehr in die Länge gezogen, dass letztere gleichsam zugespitzt erscheinen, und erkennt man sie dann nicht immer mit so deutlich von der Längswand verschiedener Configuration versehen, wie man es sonst beobachtet. Dennoch gehören diese Elementarorgane auch hier — schon der Analogie halber — unzweifelhaft zu den wahren Röhren- (Gefäss-) zellen und man braucht aus denselben keineswegs eine mit eigenem Namen zu belegende Uebergangsstufe zu den Faserzellen zu bilden.

Wo die Wandungen dieser Röhrenzellen an die Wände gleicher Zellen anstossen, da sind die Poren und Höfe immer in die Breite gedehnt, wo dagegen poröse Faserzellen oder auch Parenchymzellen mit ihnen verwachsen sind, da treten runde oder spaltenförmige Poren mit mehr kreisförmigen Höfen auf.

Einfluss benachbarter Gewebeelemente auf den Bau der Zellhülle. — Der Einfluss der benachbarten Elementarorgane macht sich bei den porösen Röhrenzellen auf das allerentschiedenste kenntlich, und hat man bei deren Untersuchung hierauf sein Augenmerk zu richten. Wo dieselben an kleinporige Parenchymzellen grenzen, da nehmen die Höfe oft an Weite bedeutend ab und ändern ihre Form vom Kreisförmigen in das Länglichrunde. In gleicher Weise nimmt deren Grösse ab, wo sie an unbehöfte oder kleiner behöfte Faserzellen angrenzen (Fig. 52). Auch auf die Anzahl der Poren selbst hat dieser Umstand Einfluss, indem dieselbe mit der Anzahl der Poren auf den Wänden der angrenzenden Zellen in Uebereinstimmung steht. Auf die mannigfachen Verschiedenheiten in dieser Beziehung kann hier natürlich nicht ausführlich eingegangen und muss einestheils auf den folgenden Abschnitt hingewiesen, anderentheils die Ermittelung der betreffenden Thatsachen der eigenen Beobachtung empfohlen werden. Zahlreiche Beiträge für diese Organisationsverhältnisse hat neuerdings Sanio geliefert und werde ich selbst in einem später erscheinenden Werke über den Bau des Holzkörpers unserer deutschen Waldbäume ein reiches Material zu liefern im Stande sein.

Fig. 52.



Theil einer Gefässzelle von Vitis vinifera, welche an den drei Stellen *a*, *b* und *c* verschiedene poröse Verdickungsformen zeigt, je nachdem dieselbe an Gefässzellen, Holzzellen oder Holzparenchymzellen grenzt. Vergr. 1 : 400.

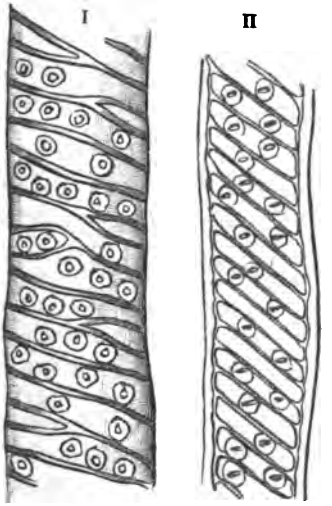
Digitized by Google

Porös-spiralige Röhrenzellen.

Eine eigene Modification der porösen Röhrenzellen bilden die sogenannten gemischten Gefässzellen, wo neben der porösen noch eine spiralförmige Verdickung vorkommt, wie dies bei der Linde, der Hainbuche, dem Schneeball, Weinstock, Geisblatt u. s. w. der Fall ist. Die spiralige Verdickung besteht hier immer aus einem schmalen Spiralbande, welches der jüngsten (tertiären) Verdickungsschicht angehört, Fig. 53, und eine der Steigung der spaltenförmigen Poren entgegengesetzte Steigung zeigt. Während jene z. B. linksläufig ist, ist diese rechtsläufig und (seltener) umgekehrt.

Stärke und chemisches Verhalten der Verdickungsschichten. — Die Zellstoffhülle der porösen Röhrenzellen ist in der Regel im Verhältniss zu deren Lumen nicht bedeutend verdickt. Eine stärkere Verdickung beobachtet man namentlich bei den engeren Gefässen der Esche, des Oleanders, des Kürbis. Ihre Verholzung durch alle Schichten erfolgt in der Regel sehr bald und in hohem Maasse, so dass schon die Wände verhältnissmässig noch sehr junger Röhrenzellen mit Ausnahme der tertiären Schicht durch Chlorzinkjodlösung gelb gefärbt werden. Erst nach vorbereitender Behandlung mittelst der schon öfter genannten chemischen Mittel tritt in allen Verdickungsschichten die Reaction auf Zellstoff hervor.

Fig. 53.



Netzförmig poröse und spiralig poröse Röhrenzelle. I. Von Tilia grandifolia (von oben gesehen). — II. Von Cestrum aurantiacum (als Durchschnitt gesehen). Vergr. 1 : 400.

Präparationsweise. — Zur Beobachtung der Structur ausgebildeter poröser Röhrenzellen sind die drei Arten der Schnitte nicht ausreichend. Obwohl der Querschnitt und die beiden Längsschnitte über den Bau der Poren hinreichenden Aufschluss zu gewähren vermögen und auch die Durchbrechung der Querscheidewände (für die leiterförmig durchbrochenen ist der Radialschnitt vorzugsweise geeignet) erkennen lassen, so genügen sie doch zum Studium der Structur der Seitenwände nach verschiedenen Seiten nicht vollständig und es müssen denselben Macerationspräparate zur Seite treten.

Digitized by Google

Die Entstehung der Tüpfel der Seitenwände sowohl als der Querscheidewände erfolgt ganz in der früher geschilderten Weise (siehe die Figuren 32, I. und II.), und eigenen sich zu deren Beobachtung zarte, durch das Cambium geführte Quer- und Längsschnitte, welche zur Zeit des üppigsten Wachsthumes genommen werden müssen.

Siebförmig poröse Röhrenzellen, „Siebröhren", „Gitterzellen".

Die siebförmig porösen Röhrenzellen, von denen Fig. 54 die verschiedenen Typen zeigt, gehören nur dem Basttheile des Gefässbündels an und treten bei den Gefässkryptogamen, Monokotyledonen, Gymnospermen und Dikotyledonen auf. Ihre Weite ist, mit Ausnahme jener aus einigen tropischen Farrnkräutern (Cyathea, Alsophila), nicht so bedeutend wie diejenige der netzförmigen und porösen Röhrenzellen.

Es gehören hierher die von Hartig zuerst entdeckten, von ihm Siebröhren, von H. v. Mohl Gitterzellen genannten Organe sowohl, als die Milchsaftgefässe, deren Stellung in dem Gefässbündel ich durch meine beiden Preisfragen über diese Organe in neuester Zeit mit Sicherheit nachgewiesen habe.

Querscheidewände. — Die Querscheidewände besitzen bald eine horizontale, bald eine mehr nach der Seite der Markstrahlen geneigte Stellung.

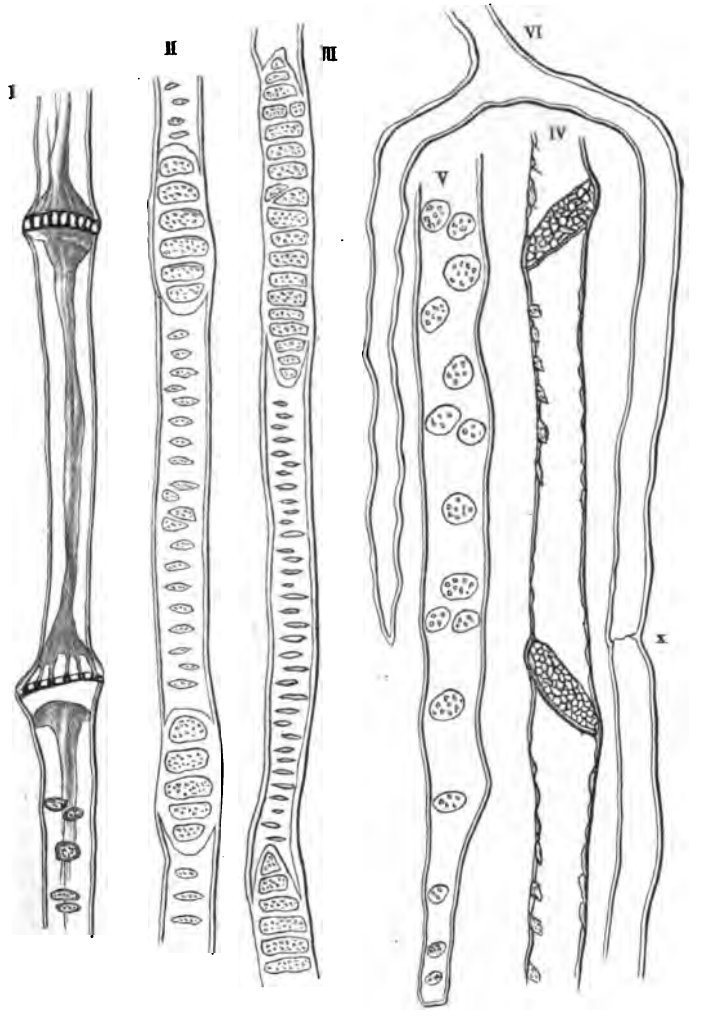
Im ersteren Falle geschieht deren Durchbrechung mittelst eines einzigen grossen Poren, dessen Schliesshaut indessen nicht resorbirt, sondern — bei einer eigenthümlichen, nur in der Jugend auftretenden, gallertartigen Verdickung — von rundlichen oder vieleckigen Löchern durchbrochen wird, wodurch dieselbe das Ansehen eines Siebes oder Gitters erhält (Fig. 55, I. *A* u. *B*, a. S. 134). Eine derartige Durchbrechung der Querwände tritt bei den betreffenden Zellen des Kürbis, der Zaunrübe, der Waldrebe, des Hopfens, der Georgine, des Schöllkrautes, der Zwiebel, der Musa, sowie der meisten krautartigen Di- und Monokotyledonen und der Equiseten auf.

Sind die Querscheidewände geneigt, so zeigen sie, mit Ausnahme der Buche, welche einen einzigen schiefstehenden grossen Poren besitzt (Fig. 55, II, a. S. 134), eine ähnliche Structur wie diejenigen der leiterförmig durchbrochenen porösen Röhrenzellen, wobei indessen die Schliesshäute der einzelnen grossen, querovalen Poren wiederum sieb- oder gitterartig durchbrochen sind (Pteris, Cyathea, Alsophila, Calamus, Caryota, Scheelea, Corypha, Sabal etc., Vitis, Bignonia, Tilia, Populus, Aesculus, Sorbus, Quercus u. s. w.) (Fig. 55, III, a. S. 134). Bei den Nadelhölzern sowie bei manchen Farnkräutern ähneln die Siebröhren in ihrer Form den Holzzellen und legen sich mit schiefen Enden aneinander, die bis in die Spitze hin kleinere Siebporen zeigen (Fig. 54, V.).

Digitized by Google

Eine vollständige Resorption der anfänglich immer vorhandenen horizontalen oder wenig geneigten Querscheidewände findet bei den verzweigten und netzförmig mit einander anastomosirenden Röhrenzellen

Fig. 54.

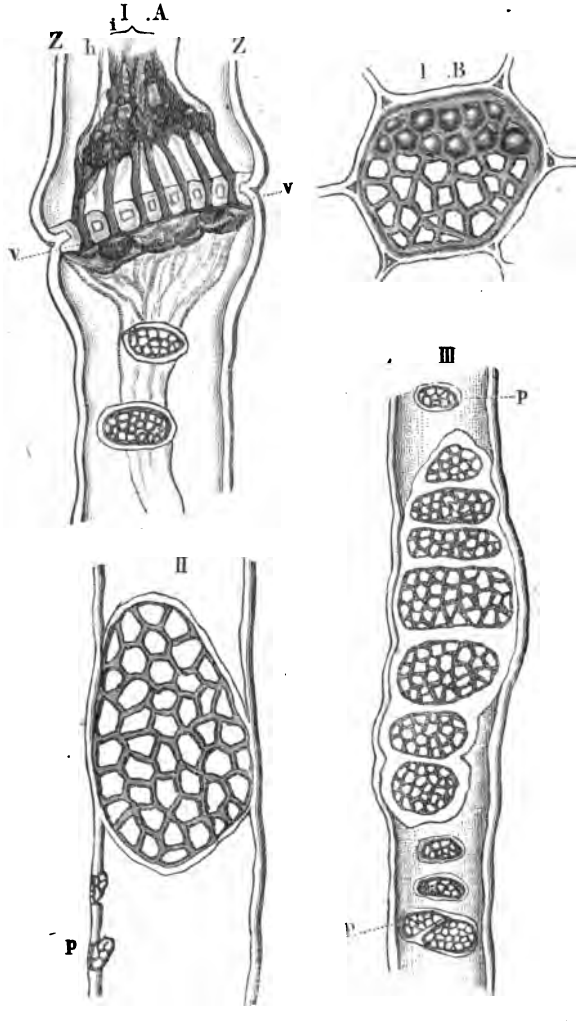


Verschiedene Typen siebförmig poröser Röhrenzellen (Siebröhren); I. aus Bryonia alba mit horizontalen Scheidewänden; — II. aus Tilia grandifolia; — III. aus Bignonia sp., mit geneigten, leiterförmigen Scheidewänden; — IV. aus Fagus sylvatica, mit geneigten, einfach siebförmig durchbrochenen Scheidewänden; — V. aus Larix europaea, mit holzzellenähnlicher Endigung; — VI. aus Asclepias currasavica, verzweigtes Milchsaftgefäss, an dem man bei *x* noch die Ueberreste der siebförmig durchbrochenen Scheidewand erkennt. Vergr. 1 : 250.

Digitized by Google

der Milchsaftgefässe der Cichoriaceen, Asclepiadeen, Apocyneen, Euphorbiaceen u. s. w. statt. Dabei verschmelzen die Längswände zugleich in der Art miteinander, dass man die ursprüngliche Zusammensetzung

Fig. 55.



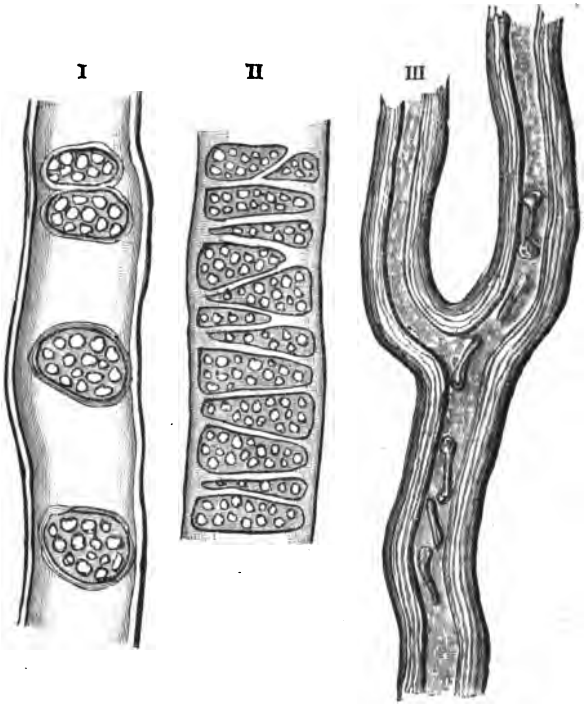
Verschiedene Configuration der Querscheidewände; I. aus Cucurbita pepo; *A* im Längsschnitt, *z* die Zellstoffhülle, *h* die Zellhaut; *vv* die eigenthümliche Verdickung, welche sich bei jüngeren Zellen immer findet, *i* der Inhalt, welcher zusammengefallen ist und sich in Form von Streifen in die Löcher der Querscheidewand hineinzieht. *B* im Querschnitt, im oberen Theile mit dem verdickenden Stoffe, welcher sich in Form von warzenförmigen Erhebungen darstellt; im unteren Theile frei. — II. Aus Fagus sylvatica, bei *p* Theile der auf den tangentialen Wandungen vorkommenden Siebporen. — III. Aus Tilia grandifolia, bei *p* die Siebporen der radialen Seitenwand.

Digitized by Google

dieser Elementarorgane aus einzelnen Zellen im ausgebildeten Zustande meist gar nicht mehr zu erkennen im Stande ist.

Verdickungsweise der Längswände. — Die Zellstoffhülle der Seitenwände dieser Zellenart ist in der Regel nur schwach, in seltenen Fällen, z. B. bei manchen Euphorbien, stark verdickt, und die Verdickungsschichten lassen sich dann bei den tropischen Arten dieser Gattung als aus mehreren ineinandergeschachtelten Lagen bestehend erkennen (Fig. 56, III.).

Fig. 56.



Structur der Seitenwände. I. Theil einer Zelle aus Larix europaea mit drei rundlichen Siebporen. — II. Desgleichen aus Pteris aquilina mit Netzfasern und siebförmiger Durchbrechung der verdünnten Stellen. — III. Desgleichen aus Euphorbia splendens (Milchsaftgefäss) mit geschichteter Wand ohne Siebporen. Vergr. von I. und II. 1 : 660, von III. 1 : 250.

Die verdünnten Stellen der Längswände bestehen aus grösseren runden oder ovalen Poren (Fig. 56, I. und II.), deren Scheidewand auf das mannigfachste durchbrochen ist, indem die Schliesshäute der darauf vorkommenden kleineren Poren resorbirt werden, die mehr verdickten Stellen der ersteren dagegen stehen bleiben.

Da die siebporigen Röhrenzellen in bestimmter Ordnung zwischen den

Digitized by Google

übrigen Gewebeelementen des Bastes vertheilt sind, so lassen sich in Bezug auf die Configuration ihrer Wandungen mancherlei Verschiedenheiten beobachten. Wo dieselben in tangentialen einfachen, concentrischen Reihen mit Bastfaser- oder glattwandigen Parenchymzellen abwechseln, da erscheinen nur die radialen, nach der Seite der Markstrahlen gewendeten Seitenwände, welche mit gleichartigen Elementarorganen zusammenstossen, in der geschilderten Weise mit siebförmigen Poren besetzt, so z. B. bei den Cupressineen, bei Pyrus in der Regel (doch trifft man hie und da auch radial hintereinander stehende Bastgefässe, und dann zeigen deren Zellen auch nach der Mark- und Rindenseite hin Siebporen). Bilden die Bastgefässe dagegen, wie bei der Linde, der Wallnuss, der Weisstanne, mehrfache tangentiale Reihen oder ziemlich isodiometrische Gruppen, so dass ihre Wände allseitig aneinandergrenzen, oder berühren diese die Wände porösen Parenchyms, so sind sowohl die nach Mark- und Rinde als die nach den Markstrahlen gewendeten Seitenwände mit Siebporen versehen. Kommen endlich die Bastgefässe mehr vereinzelt in dem Innern oder an der Grenze der Bastbündel (Cichoriaceen, Monokotyledonen), oder gar zwischen den Parenchymzellen des Markes oder der Rinde (wie bei sämmtlichen milchsaftführenden Gewächsen) vor, so wird man die Seitenwände nur höchst selten und nur dann mit Siebporen besetzt finden, wenn je zwei der Bastgefässe dicht nebeneinander stehen, so dass sich ihre Zellstoffwände berühren. Daher kommt es, dass man bei derart gebauten Pflanzen die Siebporen nur höchst selten beobachtet und dass man gerade bei den Milchsaft führenden Gewächsen, bei denen die Beobachtung oft noch durch den Inhalt erschwert, wo nicht unmöglich gemacht wird, den wahren Bau der sogenannten Milchsaftgefässe bis jetzt kaum erkannt hat. Hier kann oft nur eine grosse Anzahl von Schnitten zu geeigneten Präparaten führen, die man nicht selten blossem Zufall zu verdanken hat.

Die Wurzel liefert hier, weil in derselben die betreffenden Organe weit häufiger gruppenweise nebeneinander vorkommen, viel eher geeignetes Material als die Stammtheile.

Bei den stark verdickten Milchsaftgefässen der tropischen Euphorbien habe ich bis jetzt keine Siebporen aufgefunden, ebenso konnte ich die Durchbrechung der Querscheidewände noch nicht beobachten, obwohl ich diese Organe in der Jugend als aus einzelnen Zellen zusammengesetzt erkannt habe.

Die Länge der Siebröhrenzellen stimmt in den meisten Fällen nahezu mit jener der sie umgebenden Faserzellen überein und übertrifft diejenigen der mit ihnen wechselnden gestreckten Parenchymzellen um das Doppelte bis Mehrfache. In der Wurzel vom Schöllkraut sind dieselben ziemlich kurz, auch in dem Stengel ist ihre Länge nicht sehr bedeutend. Ausserordentlich lang sind dieselben in Folge der Verschmelzung mehrerer Elemente zu einer Röhrenzelle, bei den Milchsaftgefässen der Asclepiadeen, Apocyneen, Moreen und Euphorbiaceen, so dass es schwierig wird deren Endi-

Digitized by Google

gung zu erkennen, und dies um so mehr, da hier fast immer auch Verzweigungen (ohne Anastomosen?) vorkommen.

Chemische Beschaffenheit der Zellhülle. — Die Zellstoffhülle der Siebröhrenzellen verholzt meinen Erfahrungen nach gar nicht oder nur in so geringem Grade, dass Chlorzinkjod sowie Jod und Schwefelsäure nach längerer Einwirkung immer eine Reaction auf Zellstoff hervorrufen.

Präparationsweise der Siebröhren. — Zur Untersuchung der siebförmig porösen Röhrenzellen eignen sich Schnitte besser, als Mazerationspräparate, welche die betreffenden Organe zu sehr aufhellen, obwohl man letztere nicht bei Seite lassen darf. Die ersteren sind jedoch ziemlich schwer anzufertigen und müssen zur genauen Erkenntniss der Einzelheiten von äusserster Zartheit sein. Zur Beobachtung der Durchbrechung horizontaler Querscheidewände wird man feine Querschnitte, zu einer solchen der geneigten dagegen radiale Längsschnitte fertigen müssen. Für die Untersuchung der Siebporen auf den Seitenwänden werden je nach der Anordnung der Bastgefässe bald radiale, bald tangentiale Längsschnitte am besten zum Ziele führen. Für die Darstellung des Gefässnetzes der Cichoriaceen sowie der Carica-Arten, ebenso der verzweigten Milchsaftgefässe der Asclepiadeen u. s. w. eignet sich die Mazeration durch Fäulniss am besten, weil die betreffenden Organe dadurch am wenigsten leiden, was bei dem Schulze'schen Mazerationsverfahren und selbst bei Isolirung durch Kalilauge immer mehr oder weniger der Fall ist.

Literatur: Die obengenannten allgemeinen Werke sowie die citirten Arbeiten von Hartig und Sanio (III. Tracheales System) in der Botanischen Zeitung, dann über die siebförmig porösen Röhrenzellen:

Th. Hartig: Vollständige Naturgeschichte und Botanische Zeitung 1854. Ueber die Querscheidewände der einzelnen Glieder der Siebröhren von Cucurbita pepo.

H. v. Mohl: Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botanische Zeitung 1856.

J. Schacht: Ueber die Milchgefässe von Carica papaya. Monatsberichte der Berliner Akademie 1856.

J. Hanstein: Ueber ein System schlauchförmiger Gefässe u. s. w. in Monatsberichte der Berliner Akademie, 1859.

C. Nägeli, Ueber die Siebröhren von Cucurbita. Botanische Mittheilungen. München 1861.

J. Hanstein: Die Milchsaftgefässe und die verwandten Organe der Rinde. Berlin 1864. Gekrönte Preisschrift.

L. Dippel: Die Entstehung der Milchsaftgefässe und deren Stellung in dem Gefässbündelsystem der milchenden Gewächse. Rotterdam 1865. Gekrönte Preisschrift *).

*) Meine von der Pariser Akademie gekrönte Preisschrift, deren Druck die letztere übernommen, ist noch nicht erschienen.

Digitized by Google

ZWEITER ABSCHNITT.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE GEWEBE DER HÖHEREN GEWÄCHSE.

Unter Zellgewebe versteht man die feste Vereinigung gleichartiger oder verschiedenartiger Zellen zu einer grösseren bleibenden Gruppe von bestimmter Bedeutung für das Gesammtleben der Pflanze. Will man die Pflanzengewebe unterscheiden, so darf man weder bloss die äussere Form der zusammensetzenden Zellen, noch deren Function oder die chemische Beschaffenheit ihrer Bestandtheile allein, sondern man muss alle drei Factoren zusammen berücksichtigen.

Unter Zuhülfenahme dieser Kennzeichen lassen sich zunächst zwei Hauptgruppen von Geweben unterscheiden: 1. Gleichartige Gewebe (Parenchymgewebe), aus nur einer Zellenart (Parenchymzellen) gebildet. 2. Ungleichartige Gewebe, an deren Zusammensetzung verschiedene und zwar alle drei Zellenarten Theil nehmen können. Zu der ersteren Gruppe gehören das Urparenchym, das Markgewebe, das Rindengewebe, das Korkgewebe und das Oberhautgewebe. Zu der letzteren dagegen nur das Gefässbündel mit seinem Holz- und Basttheile, dem Cambium und dem Zwischen- oder Markstrahlengewebe.

I. Gleichartige Gewebe.

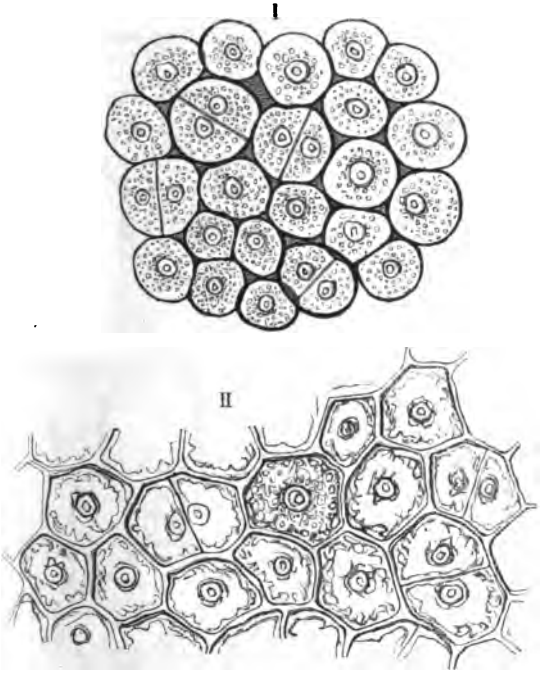
1. Das Urgewebe oder Urparenchym.

Das Urgewebe, Urparenchym, zuerst von Schacht von den übrigen Geweben geschieden, ist der ursprüngliche Heerd sämmtlicher Neubildungen. Es findet sich daher in dem Vegetationskegel der End- und Seitenknospen von Stamm und Wurzel und bildet die jüngsten Blattanlagen. Als solches ist namentlich die jugendliche Keimanlage

Digitized by Google

sämmtlicher höher entwickelten Pflanzen zu betrachten. Aus dem Urparenchym differenziren sich erst im weiteren Entwickelungsgange die verschiedenen übrigen Gewebe mit ihren Zellenarten. Die Zellen, welche an seiner Zusammensetzung Theil nehmen, sind immer zartwandiger Natur, ohne secundäre Verdickung; sie nähern sich anfänglich mehr oder weniger der sphärischen Gestalt (Fig, 57, I.), indem sie grössere oder kleinere Intercellularräume und Gänge zwischen sich lassen, und nehmen erst später die polyëdrische Form an (Fig. 57, II.). Dieselben bilden durch Theilung neue Zellen, ebenso entstehen in ihnen die verschiedenen Inhaltselemente. Sie enthalten neben dem Protoplasma auch Stärkemehl und Chlorophyll (Fig. 57).

Fig. 57.



I. Urparenchym. I. Querschnitt durch den Vegetationskegel von Ficus carica, die Zellen noch rundlich und in Theilung begriffen. Vergr. 1 : 1200. — II. Querschnitt aus einer tiefer gelegenen Stelle des Markes der Stammknospenspitze von Aesculus Hippocastanum. Die Zellen haben sich aneinandergelegt und sind polygonal geworden; nur noch einzelne erscheinen als eben getheilt. Vergr. 1 : 800.

Zur Untersuchung dieser Gewebeart bedarf es zarter, bei der Beobachtung am besten mit einer der Seite 271 und 272 des ersten Theiles beschriebenen Zusatzflüssigkeiten zu umgebender Quer- und Längsschnitte durch den Vegetationskegel ruhender, oder wenn man den Uebergang derselben in die übrigen Gewebearten studiren will, eben sich entfaltender Knospen oder wachsender Stengel und Seitenzweige. Besonders geeignetes Material liefern grössere Knospen bildende Holzgewächse, wie Aesculus, Fraxinus u. a. Für die Kenntniss der einzelnen Inhaltselemente und deren Vertheilung in den verschiedenen Partieen des Urgewebes empfiehlt sich namentlich die Behandlung mittelmässig feiner, unverletzte Zellen enthaltender Schnitte mit schwefelsaurem Kupferoxyd und Aetzkali, sowie mit doppeltchromsaurem Kali zum Nachweise des etwa vorhandenen Gerbstoffes.

Digitized by Google

2. Das Markgewebe.

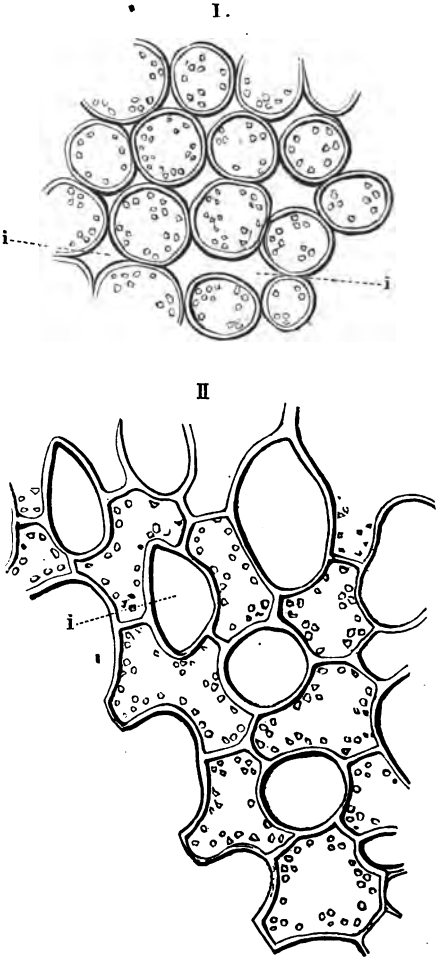
Das Markgewebe entsteht unmittelbar aus dem Urparenchym und erlangt seine weitere Ausbildung theils durch die Ausdehnung (Vergrösserung), theils durch die secundäre Verdickung der Zellstoffhülle der aus jenem hervorgegangenen Zellen, welche — mit seltenen Ausnahmen — (Moreen, Asclepiadeen, Apocyneen u. s. w.) ihre parenchymatische Form behalten. Es nimmt das Innere der Achsenorgane ein und bildet bei den Gefässkryptogamen sowie bei den Monokotyledonen das Zwischengewebe, welches die innersten Gefässbündel von einander trennt.

In der Form wechseln die Markgewebezellen mannigfach, so dass man unter Zugrundelegung dieses Merkmales verschiedene Arten von Parenchym unterschieden hat.

Berühren sich die einzelnen Zellen nur an einzelnen Stellen ihres Umfanges, so nennt man das Gewebe unvollständiges Parenchym und unterscheidet wieder, je nach der Form der zusammensetzenden Zellen und der zwischen ihnen bleibenden Intercellularräume oder Gänge das rundliche (Fig. 58, I.) (Mark von Paeonia afficinalis u. s. w.), das schwammförmige (Fig. 58, II. u. III.) (im Marke mancher Scitamineen, Canna u. s. w. sowie in dem mittleren, als Mark aufzufassenden Theile des Gewebes der meisten Blätter) und das sternförmige (Mark von Juncus, Musa, Butomus u. s. w. (Fig. 58, IV.).

Die Intercellularräume und Intercellulargänge nehmen hier immer einen sehr bedeutenden

Fig. 58.



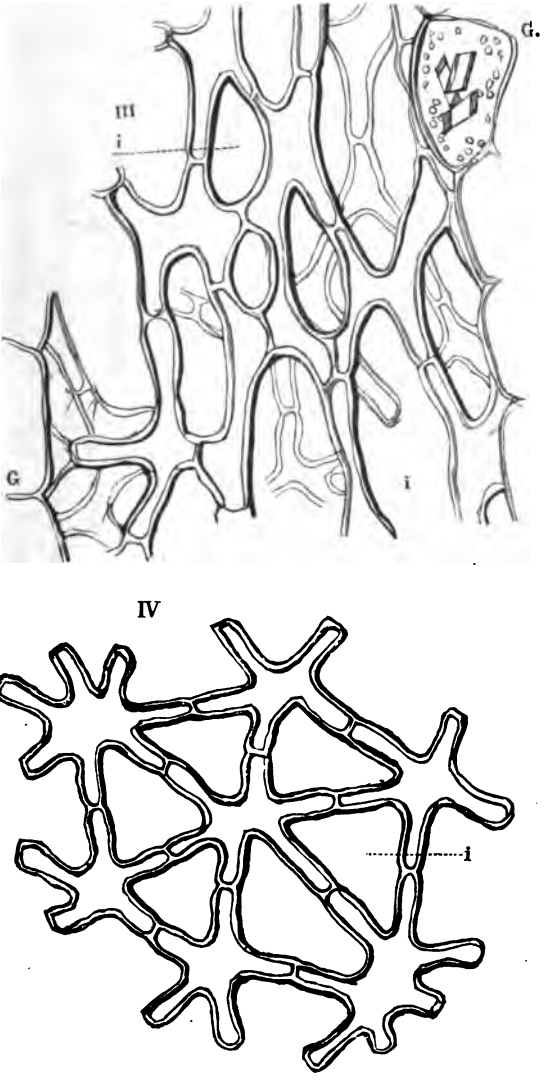
Unvollständiges Parenchym. I. Rundliches Parenchym aus dem inneren Theile (Marktheile) des Blattes von Yucca aloefolia. *i* Intercellularräume. Vergr. 1 : 670. — II. Schwammförmiges Parenchym aus dem mittleren Theile des Blattes von Asplenium Nidus. Vergr. 1 : 250.

Digitized by Google

Raum ein und erreichen bei dem schwamm- und sternförmigen Gewebe ihre grösste Ausdehnung.

Wird die Berührung der Zellen vollständiger, so dass entweder nur verhältnissmässig kleine meist dreieckige Intercellulargänge vorhanden

Fig. 58.

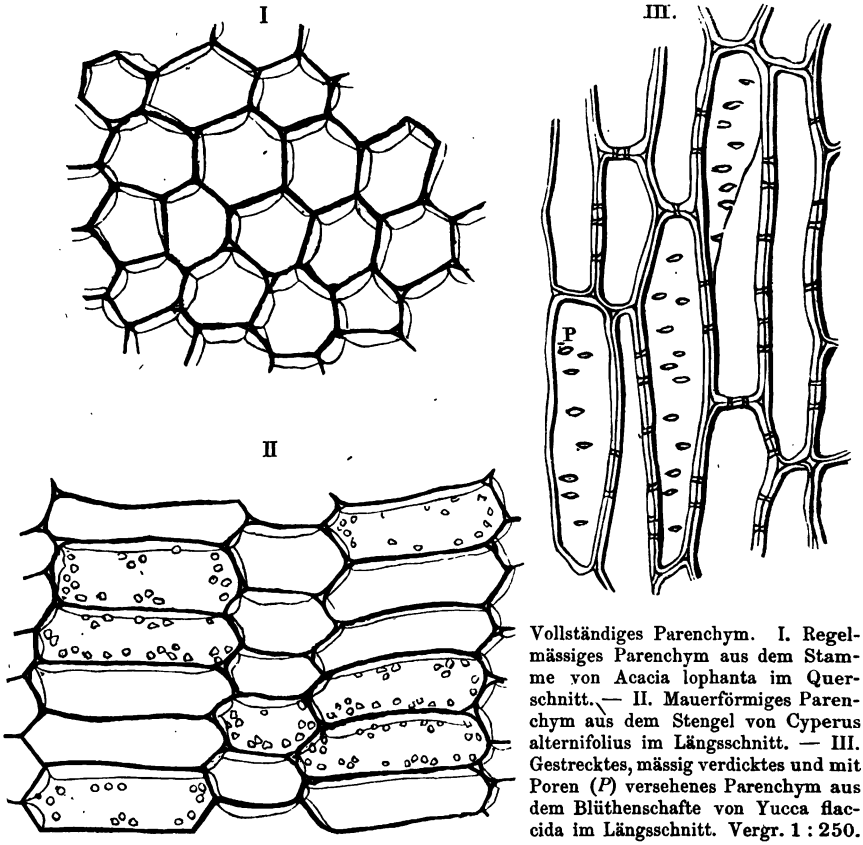


Unvollständiges Parenchym. III. Schwammförmiges Parenchym aus einem Luftgange des Blattstieles von Maranta zebrina. *PP* den Luftgang umgebendes, krystallführendes Parenchym. — IV. Sternförmiges Parenchym aus der Querscheide eines Luftganges von Juncus conglomeratus. Vergr. von III. u. IV. 1 : 250.

Digitized by Google

sind, oder diese ganz fehlen, so entsteht das aus polyëdrischen oder prismatischen Zellformen gebildete vollständige Parenchym. Hiervon hat das regelmässige Parenchym, bei dessen Zellen die drei räumlichen Ausmessungen einander ganz oder nahezu gleich sind (Fig. 59, I.), und welches nur in seltenen Fällen durch Abnahme einer Ausmessung in sogenanntes mauerförmiges Parenchym (Fig. 59, II.) übergeht, die

Fig. 59.



Vollständiges Parenchym. I. Regelmässiges Parenchym aus dem Stamme von Acacia lophanta im Querschnitt. — II. Mauerförmiges Parenchym aus dem Stengel von Cyperus alternifolius im Längsschnitt. — III. Gestrecktes, mässig verdicktes und mit Poren (*P*) versehenes Parenchym aus dem Blüthenschafte von Yucca flaccida im Längsschnitt. Vergr. 1 : 250.

weiteste Verbreitung, indem es das Markgewebe der meisten Gewächse zusammensetzt, wogegen das langgestreckte Parenchym (Fig. 59, III.) vorzugsweise das Markgewebe sehr rasch wachsender, saftiger, krautartiger Pflanzen, sowie vieler Holzarten (Canna, Phaseolus, Pinus u. s. w.) bildet.

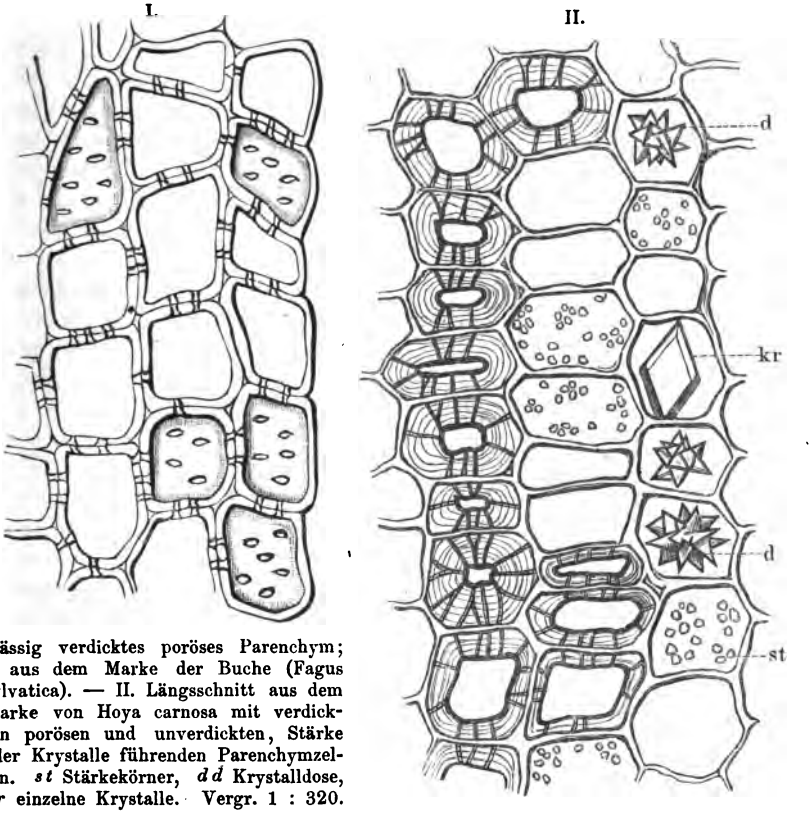
Die Zellstoffwand der das Markgewebe bildenden Zellen ist in der Regel nur wenig verdickt (Balsaminen, Hollunder u. a.), hie und da erscheint sie mit mässigen Verdickungsschichten versehen (Cytissus, Fraxinus, Dra-

Digitized by Google

caena, Cycas, Picea u. s. w) (Fig. 60, I.) und nur in vereinzelten Fällen und für einzelne Gruppen oder Partieen des Gewebes schreitet die Verdickung bis zu höherem Grade fort (Hoya, Clematis, tropische Bignonien, einzelne Palmen, Urania u. s. w.) (Fig. 60, II.).

Die chemische Beschaffenheit der Zellstoffhülle hängt mit deren Verdickung zusammen. Die schwach verdickten Markzellen nehmen nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure entweder sogleich,

Fig. 60.



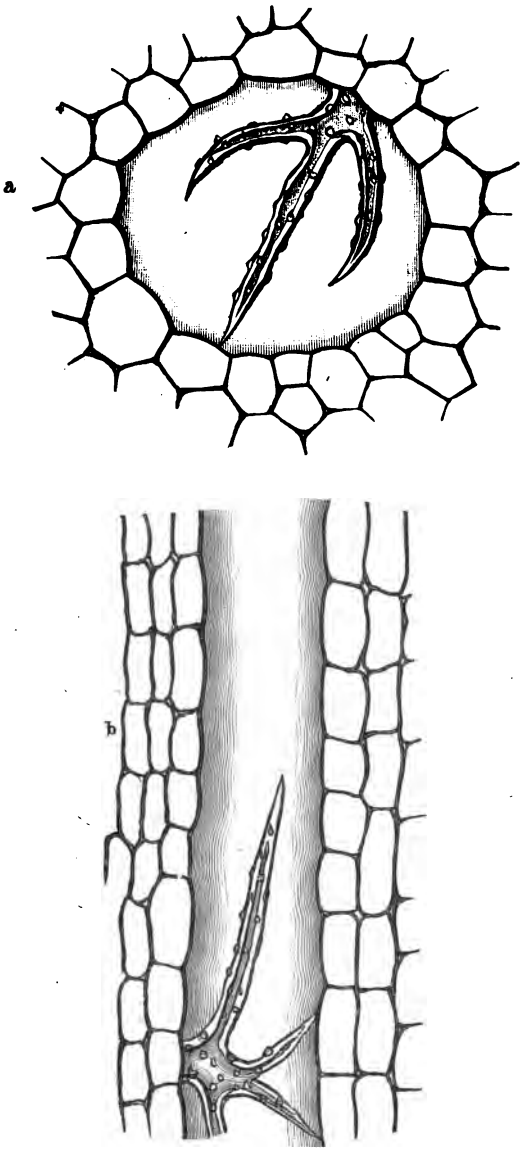
Mässig verdicktes poröses Parenchym; I. aus dem Marke der Buche (Fagus sylvatica). — II. Längsschnitt aus dem Marke von Hoya carnosa mit verdickten porösen und unverdickten, Stärke oder Krystalle führenden Parenchymzellen. *st* Stärkekörner, *d d* Krystalldose, *kr* einzelne Krystalle. Vergr. 1 : 320.

oder nach längerer Einwirkung eine blaue, mit Chlorzinkjodlösung eine röthlich blaue bis violette Färbung an und zeigen somit ihre Zusammensetzung aus reinem Zellstoff an (Fig. XXXVII. *a*). Die mässig verdickten Markzellen von Fraxinus, Fagus, Cytissus etc. zeigen nach gleicher Behandlung im jüngeren Zustande innere, blau gefärbte, und äussere gelb gefärbte, also verholzte Schichten, während jene von Cycas und die der genannten Pflanzen im älteren Zustande bis auf die Schliesshaut der Poren, welche auf Zellstoff reagirt, durchaus gelb gefärbt erscheinen

Digitized by Google

(Fig. XXXVIII.). Die sehr stark verdickten, einzeln oder in Gruppen erscheinenden Zellen in dem Markgewebe von Hoya carnosa sind im ausgebildeten Zustande immer gänzlich verholzt und färben sich sowohl mittelst Chlorzinkjodlösung als mittelst Jod und Schwefelsäure heller bis dunkler gelb (Fig. XXXVII. *b*).

Fig. 61.



Ein kleiner Luftgang mit in denselben hineinragenden verzweigten Haarzellen aus dem Blattstiel von Nymphaea alba. *a* im Querschnitt, *b* im Längsschnitt. Vergr. 1:125.

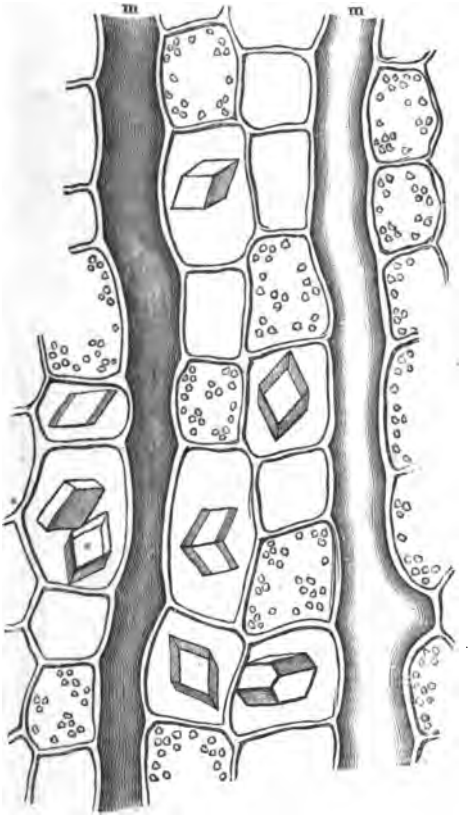
Die Form der Verdickungsschichte wechselt in dem Markgewebe weit weniger als sonst irgendwo. Ich habe, wenn man nicht etwa die Markzellen von Cycas theilweise zu den netzförmig verdickten Zellen zählen will, bis jetzt wenigstens nur die poröse Verdickungsform beobachtet.

Abgesehen von den durch die Form der zusammensetzenden Zellen bedingten Intercellulargängen und Intercellularräumen, entstehen in dem Markgewebe, wohl in der Regel durch Resorption von mehr oder minder umfänglichen, aus abweichend gebauten Zellen bestehenden Zellensträngen oder Zellengruppen, die sogenannten Luftgänge und Luftlücken, wie wir sie namentlich in dem Stengel der Sumpf- und Wasserpflanzen, der Musaceen, Nymphaea, Nuphar u. s. w. antreffen (Fig. 61).

Digitized by Google

Als fremde Gewebetheile erscheinen hier und da in dem Marke vereinzelte Bastbündel sowohl (Sonchus, Lactuca), als vereinzelte Bastge-

Fig. 62.



Längsschnitt aus dem Marke von Periploca graeca mit Milchsaftgefässen und krystallführendem oder stärkehaltigem Parenchym. Vergr. 1 : 370.

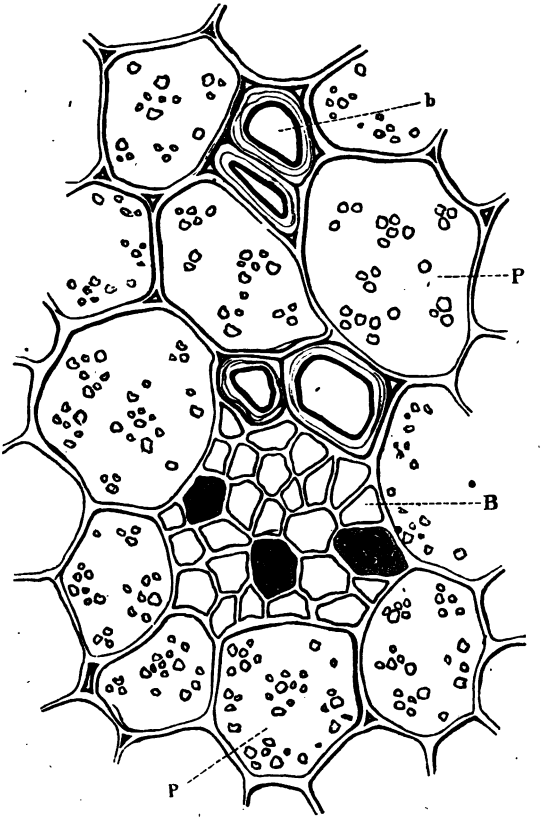
fässe und Milchsaftgefässe (Fig. 62 u. 63) (Asclepiadeen und Apocyneen, manche Euphorbien und Moreen, Cucurbita, Bryonia), ebenso in seltenen Fällen einzelne Bastzellen (Rhizophora, Sambucus und einige Solaneen).

Die in einzelnen Fällen in dem Markgewebe vorkommenden Behälter eigenthümlicher Säfte (Milchsaft-, Gummi-, Oelgänge etc.), auf deren Entstehung wir bei den gleichartigen Organen des Rindengewebes näher eingehen werden, mögen gleichfalls hier ihre Stelle finden, obgleich sie im strengen Sinne des Wortes nicht zu den fremden Gewebetheilen zu zählen sind. Sie bilden engere oder weitere, meist mit der Achse des

Digitized by Google

Stengels parallel verlaufende, seltener sich verzweigende und miteinander anastomosirende Canäle, Gänge, oder auch kugelförmige, elliptische bis ganz unregelmässige Hohlräume, welche sich durch den mehr oder min-

Fig. 63.



Querschnitt durch das Mark von Atropa Belladonna. *PP* Parenchym des Markes, *b* vereinzelte Bastfasern, *B* ein aus Bastfasern, Bastparenchym und Bastgefässen (Siebröhren) bestehendes Bastbündel. Vergr. 1 : 400.

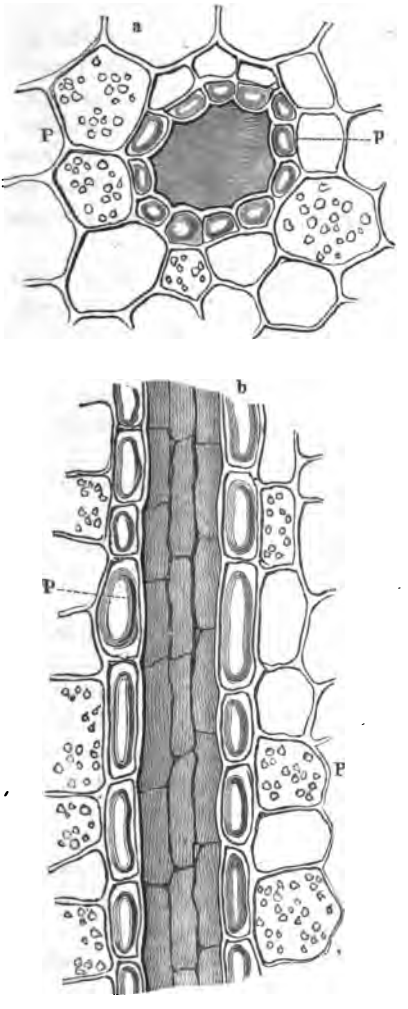
der abweichenden Bau der sie zunächst umgebenden Parenchymzellen kenntlich machen und namentlich von den Luftgängen unterscheiden (Fig. 64).

Das Markgewebe bleibt wenigstens zum Theil während der ganzen Dauer des Lebens der Pflanze lebenskräftig und dient der Aufspeicherung von Reservestoff während der Ruhezeit und deren Umwandlung während der Wachsthumsperiode. Seltener enthalten dessen Zellen Secretionsstoffe, wie unorganische Salze in Form von einzelnen Krystall-

Digitized by Google

drusen (Ficus, Asclepias, Bryonia, Hoya, Periploca, Fig. 62, Seite 145), ferner Harze, Gummiarten, Farbstoffe und dergleichen.

Fig. 64.



Milchsaftgang aus dem Marke von Rhuscotinus. *a* im Querschnitt, *b* im Längsschnitt. *P* Parenchym des Markes, *p* die den Gang begrenzenden kleineren Zellen, welche im Längsschnitt von der hinteren Wand her durchscheinen. Vergr. 1 : 320.

Um den Inhalt des Markgewebes und dessen Umwandlungen kennen zu lernen, muss man dasselbe sowohl im Herbste und Winter als im Frühlinge und Sommer untersuchen, und sich dabei der schon mehrfach erwähnten Reagentien bedienen.

3. Das Rindengewebe.

Als Rindengewebe fasse ich nur dasjenige Gewebe auf, welches im Stengel zwischen den Gefässbündeln und der Epidermis oder dem Korkgewebe, in den Blättern zwischen der Oberhaut und dem die Gefässbündel der Nerven aufnehmenden Parenchym (Mark) liegt. Der Basttheil des Gefässbündels ist durchaus nicht zu der Rinde zu zählen, wie man das bisher gethan hat, sondern es gehört derselbe dem Gefässbündel an.

Zu dieser Einschränkung des Begriffes von Rinde berechtigt zunächst die ganze Entwickelungeschichte der Dykotyledonen, noch mehr aber der Bau des monokotyledonen Gefässbündels. Hier nimmt nämlich der Basttheil seine Stellung an der Aussenseite jedes einzelnen der getrennten Gefässbündel, und müsste man, wenn man consequent verfahren wollte, jedem derselben auch eine Rinde zuerkennen, was sicherlich ungereimt erscheinen dürfte.

Digitized by Google

Das Rindengewebe in dem angegebenen Sinne (primäre Rinde der Autoren) geht unmittelbar aus dem Urgewebe des Vegetationskegels hervor, und es vergrössert seinen Umfang dann nur kurze Zeit durch Zelltheilung. Die weitere Ausbildung desselben beruht bei der Mehrzahl (ob bei allen?) der einjährigen Pflanzen bloss auf dem Wachsthume (der Ausdehnung) der aus dem Urgewebe hervorgegangenen Zellen. Der gleiche Fall wiederholt sich bei jenen perennirenden Pflanzen, die ihre Rinde durch ein unter ihr entstandenes Korkgewebe abwerfen. Dagegen bleiben einzelne Partien des Rindengewebes solcher Gewächse, welche, wie Viscum, Ilex, manche blattlose Euphorbien u. s. w., die Rinde entweder gar nicht, oder doch erst nach längerer Zeit durch Korkbildung abstossen, fortbildungsfähig und erzeugen als Mutterzelle neue gleichartige Gewebezellen.

Die Erforschung dieser Verhältnisse, welche von nicht unerheblicher Wichtigkeit sind, bedarf zu einer sicheren Begründung noch umfangreicherer Untersuchungen und bietet somit ein weites Feld der Beobachtung.

Das Rindengewebe ist seiner ganzen Ausdehnung nach nur aus einer einzigen Zellenart, d. h. aus Parenchymzellen zusammengesetzt, die in den Blättern, bei denen wir näher darauf zurückkommen werden, meistens dünnwandig bleiben, im Stengel dagegen in verschiedenen Modificationen erscheinen können. Es lassen sich hiernach, wenigstens bei einer grossen Anzahl von Gewächsen, zwei Rindenschichten, eine innere und eine äussere, unterscheiden.

Innenrinde. — Die innere Rindenschicht besteht in der Regel aus dünnwandigen Zellen, deren Form sich meistens dem Sphäroid nähert, in seltenen Fällen eine mehr oder minder regelmässige polyëdrische wird. Im ersten Falle sind die Berührungsflächen der Zellen oft sehr klein und es entsteht ein ziemlich unvollkommenes, durch grössere und kleinere Lücken unterbrochenes Gewebe; im anderen Falle dagegen nähert sich das letztere mehr dem regelmässigen polyëdrischen Markgewebe.

Eine Verholzung der Zellstoffhülle tritt bei der Mehrzahl der Gewächse in der Innenrinde niemals und nirgends, bei einer kleineren Anzahl, ähnlich wie im Marke, nur in einzelnen grösseren oder kleineren Gruppen oder Bändern von stark verdickten Zellen, den Steinzellen einzelner Autoren, auf, die sich schon in der jugendlichen Rinde durch ihre Grösse und den ungefärbten Inhalt auszeichnen, Fagus, Fraxinus, Carpinus, Cytissus, Hoya, Picea u. s. w. (Fig. 65).

Der Inhalt der Gewebezellen dieser Rindenschicht besteht entweder (nach Innen) aus Stärkemehl allein oder (nach Aussen) aus diesem und Chlorophyll, wo dann das letztere in der Regel den Ueberzug von Stärkekörnern bildet.

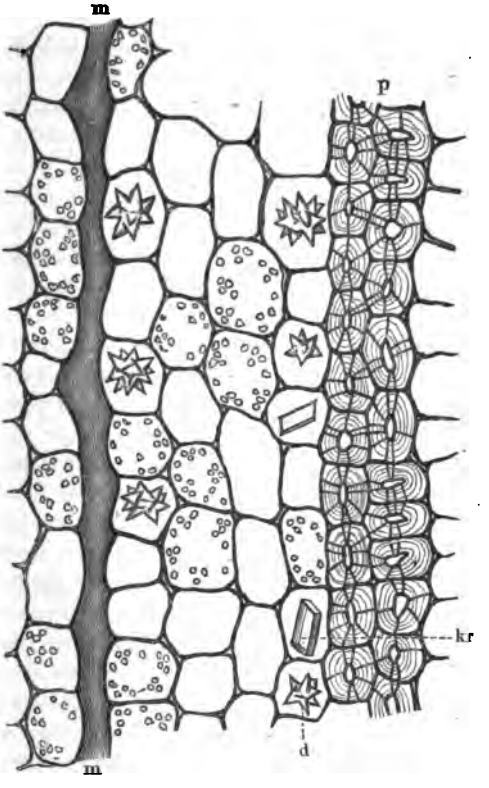
Hie und da erscheinen auch unorganische Substanzen als Zellinhalt, welche dann entweder im Inneren von einzeln zerstreuten, oder von in

Digitized by Google

längere oder kürzere senkrechte Reihen geordneten, rundlichen oder kubischen Zellen auftreten (Fig. 65, *d* u. *kr*), wo sie einzelne oder in Bündel und Drusen gruppirte Krystalle bilden (Hoya, Bryonia, Allium etc.).

Andere Gewebeelemente, als Parenchymzellen, kommen nur bei be-

Fig. 65.



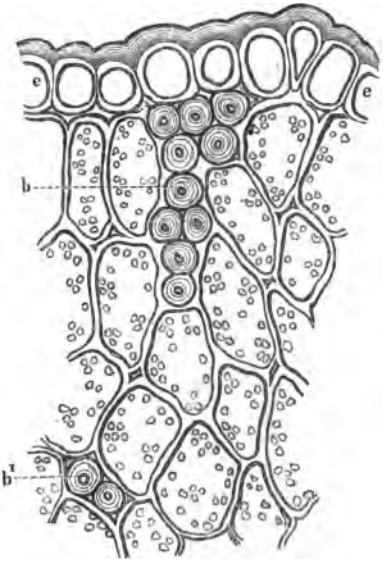
Längsschnitt durch die innere Rinde des Stengels von Hoya carnosa. Neben dem dünnwandigen, theilweise stärkehaltiges Chlorophyll, theilweise Krystalle (*d* und *kr*) führenden Parenchym erscheinen Bänder sehr stark verdickter, poröser Parenchymzellen (*p*) und Milchsaftgefässe (*mm.*) Vergr. 1 : 250.

stimmten Pflanzen und Pflanzengruppen in der inneren Rinde vor. Dahin gehören vornehmlich die Bastgefässe der milchsaftführenden Gewächse (Fig. 65, *m*), bei denen sich übrigens ein Zusammenhang mit den gleichen Gefässen des Bastbündels auf das Bestimmteste nachweisen lässt, indem dieselben entweder mit jenen durch horizonlale Seitenäste anastomosiren (Cichoriaceen etc.), oder gar nur in das Rindengewebe dringende Seitenäste derselben bilden (Euphorbien, Hoya etc.). In der inneren Rindenschicht des Blattstieles der Cycadeen kommen einzelne sowie gruppen-

Digitized by Google

weise geordnete bastfaserähnliche Zellen vor. Aehnliche Zellen und Zellengruppen lassen sich in der Rinde von Ephedra, welche durchaus gleichartig ist, also nicht in Aussen- und Innenrinde zerfällt, letztere dicht unter der Epidermis (Fig. 66, *b*), erstere weiter nach Innen (Fig. 66, b^1), dann in der durch verholzte Zellen von dem Gefässbündel geschiedenen Rinde von Gnetum beobachten. Ebenso treten in dem Rindengewebe mancher Monokotyledonon (Musa, Scindapsus, Caladium, Phoenix, Chamaedorea) vereinzelte Bündel von Bastzellen auf.

Fig. 66.



Querschnitt durch die Rinde des Stengels von Ephedra distachya. *b* Bündel von Bastzellen dicht unter der Epidermis, b^1 vereinzelte Bastzelle in dem Rindenparenchym, *e*, *e* Epidermis. Vergr. 1 : 370.

Innerhalb dieser Rindenschicht kommen auch die theils nur aus Interzellulargängen, theils aus diesen und aus dieselben umgebenden Strängen oder Gruppen von etwas abweichend ausgebildeten Parenchymzellen hervorgegangenen, für manche Pflanzen charakteristischen Harz-, Oel- und Gummigänge vor, welche in ihrem Baue mit den gleichnamigen Behältern des Markgewebes vollkommen übereinstimmen und deren Entwickelung man in den Knospen, wie den wachsenden jungen End- oder Seitentrieb zu verfolgen Gelegenheit hat.

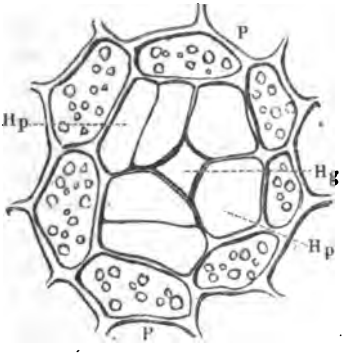
Da die Entstehung und weitere Ausbildung aller Arten von solchen Canälen ziemlich vollständig mit einander übereinstimmen, so begnüge ich mich, als Beispiel die Entwickelung der Harzgänge in unserer Fichte (Picea vulgaris) etwas weiter auszuführen.

Nimmt man von dem eben im völligen Längenwachsthum begriffenen Endtriebe des Stammes oder eines Astes und zwar von der Spitze aus zarte Querschnitte, so wird man folgende Thatsachen beobachten. Nahe unter dem Vegetationskegel bildet die innere Rinde eine völlig gleichförmige Masse von Zellgewebe, in dem man auch auf dem Längsschnitt noch keinen Unterschied wahrnimmt. In tiefer geführten Schnitten, die den Zweig etwas unterhalb der Stelle treffen, wo das Cambium sich aus dem Urgewebe hervorbildet, tritt dagegen eine Differenzirung einzelner noch in Theilung begriffener, in der Mitte einen vierseitigen Intercellulargang zwischen sich lassender viergliedriger (Fig. 67 I.) Zellengruppen hervor, die in mehr oder minder regelmässigen Zwischenräumen von einander

Digitized by Google

entfernt stehen. Das Chlorophyll, welches vorher allen Zellen eigen war, ist in diesen Zellengruppen verschwunden und es führen dieselben neben kleinen Tröpfchen flüchtigen Oeles einen feinkörnigen, trüblichen Inhalt.

Fig. 67.
I.



Entstehung der Harzgänge. I. Querschnit durch einen in der Entwickelung begriffenen Endtrieb von Picea vulgaris, in dessen Rinde sich die kleine Stärkekörner führende in Theilung begriffene Zellengruppe *Hp* des werdenden Harzganges *Hg* von den übrigen chlorophyllführenden Rindenzellen *P* gesondert hat. Vergr. 1 : 1000.

Die den Rindenzellen sonst ziemlich gleich gestalteten, nur etwas grösseren Zellen sind dabei zartwandig geblieben, während die am Rande stehenden, durch Theilung aus Rindenparenchym entstandenen Zellen etwas zusammengedrückt, daher länglich und derbwandiger als jene erscheinen. Letztere enthalten einen etwas grobkörnigeren Inhalt, wie die Zellen der Mittelpartie (Fig. 67, I. u. II. *P* u. *Hp*), der sich durch seine Reaction gegen Jod theilweise als Stärke erweist. Auf dem Längsschnitte erkennt man, dass die Randzellen, wie die centralen Zellen der gedachten Gruppen, erstere sämmtlich stärker, letztere verschiedentlich, bald mehr, bald weniger in die Länge gestreckt erscheinen, wodurch sie sich, obwohl der Längenunterschied noch nicht sehr bedeutend ist, auf das Bestimmteste von dem umgebenden Rindengewebe unterscheiden. Etwas tiefer geführte Schnitte lassen etwa gleiche Ansichten gewinnen, nur haben sich die Randzellen etwas mehr verdickt und beide Zellenarten mehr gestreckt, während in dem inneren Zellenhohlcylinder, der ein- bis mehrschichtig sein kann, die Theilung der Zellen vollendet und der Intercellulargang mehr erweitert und rundlich geworden ist (Fig. 67, II. a. folg. S.).

Stetig nach abwärts geführte Längsschnitte belehren dann über die fortdauernde Verlängerung der Rand- und Mittelzellen des der Beobachtung unterliegenden Ganges.

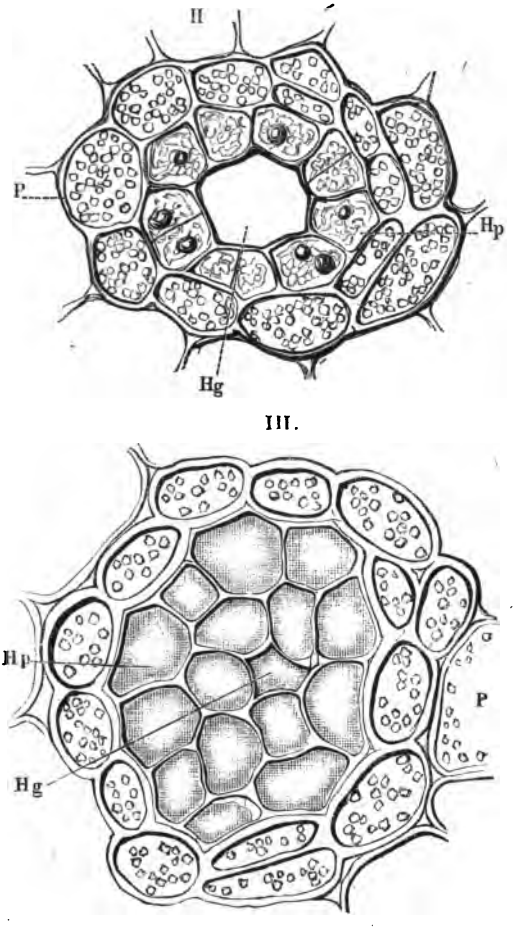
Gegen das untere Ende des Triebes hin hat sich das Verhältniss wesentlich geändert. Der innerste zartwandige Zellencylinder ist, wenn er mehrschichtig war, je nachdem der Schnitt höher oder tiefer geführt wurde, entweder von Innen nach Aussen in voller Auflösung begriffen, oder es ist diese bereits vollendet, so dass nun ein mehr oder minder weiter Canal entstanden ist, der von den langgestreckten derbwandigen Parenchymzellen von allen Seiten vollständig umschlossen und nur von

Digitized by Google

einer Lage zartwandigen, Tropfen flüchtigen Oeles enthaltenden Zellen ausgekleidet wird (Fig. 67, III. u. IV.).

Hinsichtlich des Inhaltes machen sich nun gleichfalls Veränderungen bemerklich. Der Canal — wie die ihn auskleidenden zartwandigen Zellen — wird entweder nur an seinen Wänden oder durch sein ganzes Innere von einer flüssigen Balsamschicht ausgekleidet, in der sich einzelne grössere Körner bemerklich machen. Die Zellen des umgrenzenden Rindenparenchyms sind neben dem übrigen feinkörnigen Inhalte mit einer geringen Menge von Stärkemehl erfüllt, die sich nach der Behandlung mit Jod sofort auf das Klarste durch ihre Färbung kenntlich machen (Fig. 67, IV. u. V.). Auch in dem übrigen umgebenden Rindenparenchym tritt neben dem etwas verminderten Chlorophyll Stärkemehl auf.

Fig. 67.



II. und III. Desgleichen aus einer tiefer gelegenen Stelle. II. Junger weiter Harzgang, dessen harzbildende Zellen nur eine Schicht bilden und neben feinkörniger Stärke kleine Tropfen flüchtigen Oeles führen. — III. Aelterer Harzgang. Die das Harz erzeugende, den engen Intercellularraum umgebende, theilweise zweischichtige Zellengruppe, deren Auflösung im Innern bereits beginnt, ist mit einer stark lichtbrechenden Flüssigkeit (Terpentin) erfüllt, während die umgebenden Zellen Stärke enthalten. Vergr. 1 : 800.

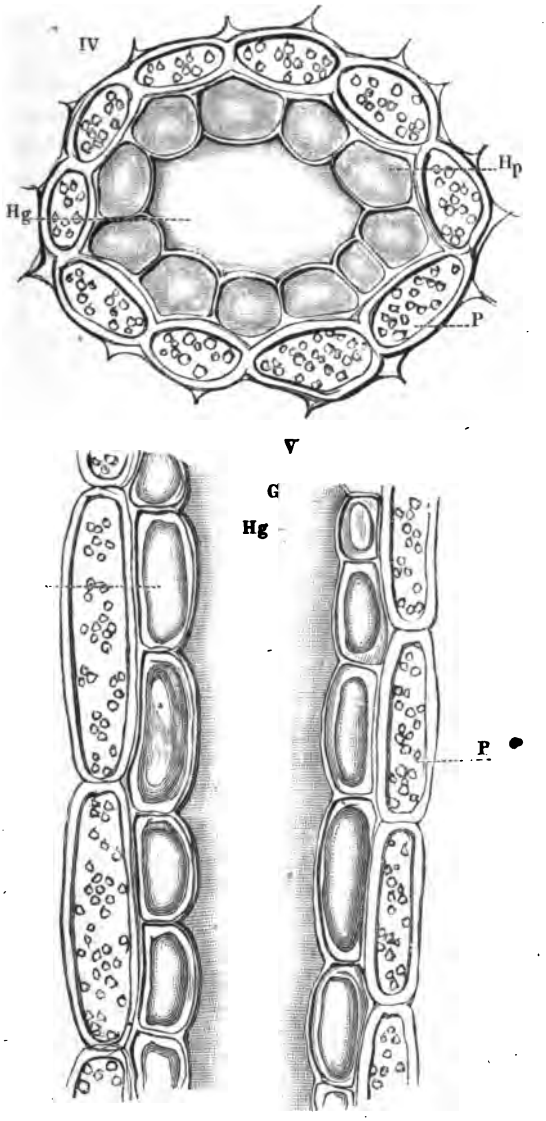
In dem Baue der soweit ausgebildeten Harzgänge tritt nun während der ganzen Wachsthumsperiode keine Aenderung ein und es stimmt derselbe auf dieser Stufe mit jenem der Harz-, Oel und Gummigänge in der Rinde der Cycadeen und anderer Pflanzen fast vollkommen überein.

Nur bei älteren Gängen findet man die auskleidende zartwandige Zellenschicht manchmal ebenfalls resorbirt, und es erscheinen dieselben dann

Digitized by Google

— ganz mit Harz erfüllt — von den derbwandigen Zellen unmittelbar umgrenzt. Dagegen treten in den Inhaltsverhältnissen noch mancherlei

Fig. 67.



IV. Querschnitt durch einen fertigen Harzgang, dessen Innenraum *Hg* gleich den zartwandigen Zellen *Hp* mit halbflüssigem Harz erfüllt ist, während die derbwandigen, zusammengedrückten Rindenzellen noch geringe Mengen von Stärke führen. Vergr. 1 : 800. — V. Längsschnitt durch einen fertigen Harzgang. Bezeichnung wie in IV. Vergr. 1 : 800.

Digitized by Google

Wandlungen ein; es füllen sich sowohl die den Harzgang umgebenden eine bis zwei Reihen der derbwandigen gestreckten Zellen, als auch das nächst umgebende Rindenparenchym dichter und dichter mit Stärkemehl an, bis sie im Herbste damit vollständig vollgepfropft erscheinen. Der Harzgang selbst zeigt um diese Zeit noch durchaus keine merkliche Vermehrung seines Inhaltes. Erst beim Beginne der nächsten Vegetationsperiode erscheint er dichter und dichter mit Harz erfüllt und in gleichem Maasse das Stärkemehl verschwunden. Auch die Randzellen führen ein flüssiges Harz, bis dieses allmälig gegen den Herbst durch Hinübertreten in den Harzgang wieder verschwindet und neuen Mengen von Stärkemehl Platz macht*).

Haupterforderniss bei diesen Untersuchungen, wozu die oben genannte Pflanze, dann die Kiefer und Weisstanne ein einem Jedem zugängliches Material bieten, ist, dass man in den Knospen, wie bei dem eben sich kräftig streckenden Triebe mit möglichst zarten unverletzten Querschnitten, die ein sehr scharfes Messer und eine öftere Behandlung desselben auf dem Streichriemen verlangen, ganz allmälig von der Spitze nach unten fortschreitet. Nur auf diese Weise kann man sich mit hinreichender Sicherheit von der Differenzirung des Gewebecylinders überzeugen, der den Intercellulargang umgiebt, und erkennt man die Resorption der innersten Zellpartie.

Aussenrinde, Collenchym. — Die äussere Schicht des Rindengewebes zeigt neben rundlichen oder regelmässigen, wenig oder nicht verdickten, noch eigenthümliche, sehr häufig in senkrechter Richtung mehr oder minder gestreckte Parenchymzellen, oder sie besteht ganz aus den letzteren, welche sich durch die unregelmässige, mehr oder minder starke Verdickung ihrer Wandungen auszeichnen, woraus man Veranlassung genommen hat, den aus ihnen zusammengesetzten Gewebetheil mit dem Namen Collenchym (Fig. 68) zu bezeichnen.

Wo die äussere Rindenlage aus dünnwandigen Parenchym- und Collenchymzellen zusammengesetzt ist, da erscheinen die letzteren in mehr oder minder grossen Bündeln, welche ihre Stellung über den Bastgruppen des Gefässbündels nehmen, während die dünnwandigen, bis dicht unter die Epidermis reichenden Elemente den Markstrahlen gegenüberstehen. Die Collenchymzellen beobachtet man in diesem Falle hie und da bedeutend in die Länge gestreckt und mit porösen secundären Verdickungsschichten, so dass sie gleichsam den Uebergang von langgestreckten Parenchymzellen in Faserzellen bilden, von denen sie sich

*) Diese Entstehungsweise des Harzes aus Stärke — und nicht zunächst aus desorganisirtem Zellstoff — muss ich nach meinen Beobachtungen auch hier noch festhalten, ohne dass die theoretische Phrasenmacherei solcher, denen die Entwickelungsgeschichte keineswegs zu Gebote steht, meine Ansicht zu erschüttern im Stande wäre.

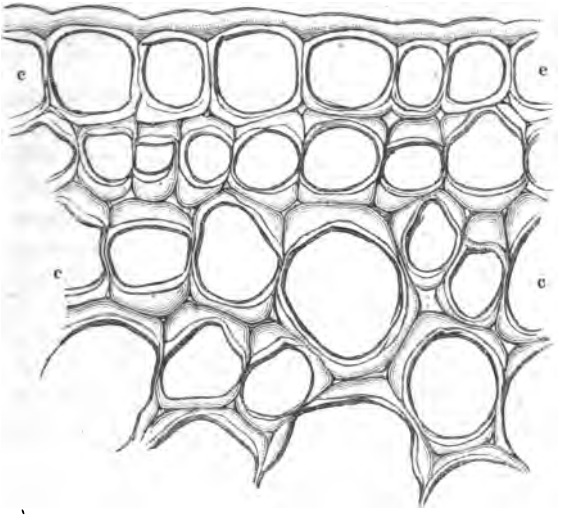
Digitized by Google

durch ihre meist wenig verdickten porösen horizontalen Querscheidewände unterscheiden.

In dieser Anordnung findet man das Collenchym unter Anderem bei den Cichoriaceen, Umbelliferen, Chenopodiaceen u. s. w., und es führen dessen Zellen dann niemals Chlorophyll, sondern einen wasserklaren Saft, oder — später — Luft als Inhalt.

In Form einer zusammenhängenden, nur unterhalb der Spaltöffnungen durchbrochenen Schicht erscheint das Collenchym in den grünen Achsentheilen der grossen Mehrzahl der Gewächse sowie in den Blättern mancher Pflanzen, wo es bald in grösserem Umfange auftritt, bald

Fig. 68.



Querschnitt durch das Collenchym von Sonchus asper. *e* Epidermis, *c* Collenchymzellen. Vergr. 1 : 670.

nur aus wenigen, unter der Epidermis liegenden Zellenreihen besteht und dann fast unmerklich in das Gewebe der inneren Rindenschicht übergeht. Als einer ihrer Masse nach stark entwickelten Schicht begegnen wir dem fraglichen Gewebe vorzugsweise bei den Euphorbiaceen, den Begoniaceen, bei Sambucus, Vitis vinifera, Nerium Oleander u. s. w., während es sich in wenigen Reihen, also ein schmales Band bildend, bei unseren meisten Holzgewächsen und in den Blättern findet.

Die Zellstoffhülle der Collenchymzellen besitzt meistens eine weiche Beschaffenheit, was sich schon durch das Aussehen unter dem Mikroskope verräth, noch mehr aber bei der Behandlung mittelst Reagentien, wie Jod und Schwefelsäure, Chlorzinkjodlösung u. s. w. hervortritt. Dieselben verholzen nur in einzelnen Fällen, wie bei manchen Umbelliferen (Angelica sylvestris u. a.), aber auch dann nie so vollständig, dass nicht nach längerer Einwirkung von Chlorzinkjodlösung oder von Jod und Schwefel-

Digitized by Google

säure die Reaction auf Zellstoff deutlich hervortrete. Die secundären Verdickungsschichten, welche sich in der Regel vorzugsweise in den Ecken ablagern, sind in mannigfacher Weise entwickelt. Man trifft hier sowohl poröse als netzförmig und spiralig verdickte Zellen (Sambucus, Helleborus).

Als Inhaltselemente erscheinen in dieser Form des Collenchyms sowohl wasserklare und rothgefärbte Zellsäfte, als auch Chlorophyll und Stärke, dagegen habe ich nur selten unorganische krystallisirte Salze darin gefunden (Periploca z. B.).

Entwickelung des Rindengewebes. — Um die Entwickelungsgeschichte des Rindengewebes zu studiren, muss man End- oder Seitenknospen von ruhenden sowohl als von im Wachsthum begriffenen Pflanzen untersuchen.

Zarte Quer- und Längsschnitte durch den Vegetationskegel eines in der Entwickelung begriffenen Stammes oder Zweiges zeigen den Uebergang des Urgewebes in das Rindengewebe. Das letztere erkennt man an den dem Vegetationskegel zunächst gelegenen Theilen der Schnitte als anfänglich noch aus wenigen Reihen von höchst zartwandigen, rundlichen Zellen bestehend. Schreitet man dann an dem Längsschnitte oder mittelst neuer Quer- und Längsschnitte an dem Internodium weiter abwärts, so beobachtet man neben der Vermehrung der Zellreihen die allmälige Volumvergrösserung der Gewebezellen und überzeugt sich zugleich, ob und inwieweit noch eine fernere Neubildung von Zellen stattfindet oder nicht. Die Sonderung in die äussere und innere Rindenschicht stellt sich hierbei gleichfalls der Beobachtung dar und kann man die allmälige Verdickung der Collenchymzellen verfolgen.

Wo fremde Gewebeelemente sich in der Rinde einfinden, geben zarte Längsschnitte ebenfalls die nöthigen Thatsachen an die Hand, um zu entscheiden, ob dieselben nur Verzweigungen der Elemente des Bastbündels sind und inwiefern und auf welche Weise sie mit denselben in Verbindung stehen, oder ob sie, sich aus dem Urparenchym unmittelbar entwickelnd, als gewissermaassen selbständige Elemente der Lage nach von dem Gefässbündel resp. dessen Basttheile getrennt verbleiben (wie einzelne Milchsaftgefässe der Euphorbiaceen, Moreen etc.).

Um die Umwandlungen des Inhaltes der Rindenzellen zu verfolgen, hat man passende Schnitte während der Ruheperiode sowohl als während des Wachsthums und dann in, der Zeit nach, nicht zu weit voneinander entfernten Zwischenräumen mittelst der schon früher zu diesem Zwecke empfohlenen chemischen Reagentien zu prüfen. Namentlich versäume man nicht, hierbei auch auf die Formverhältnisse, die Entstehung und Vermehrung des Chlorophylls sowie des in ihm erzeugten Stärkemehls und seiner weiteren Umbildungen u. s. w. sein Augenmerk zu richten.

Digitized by Google

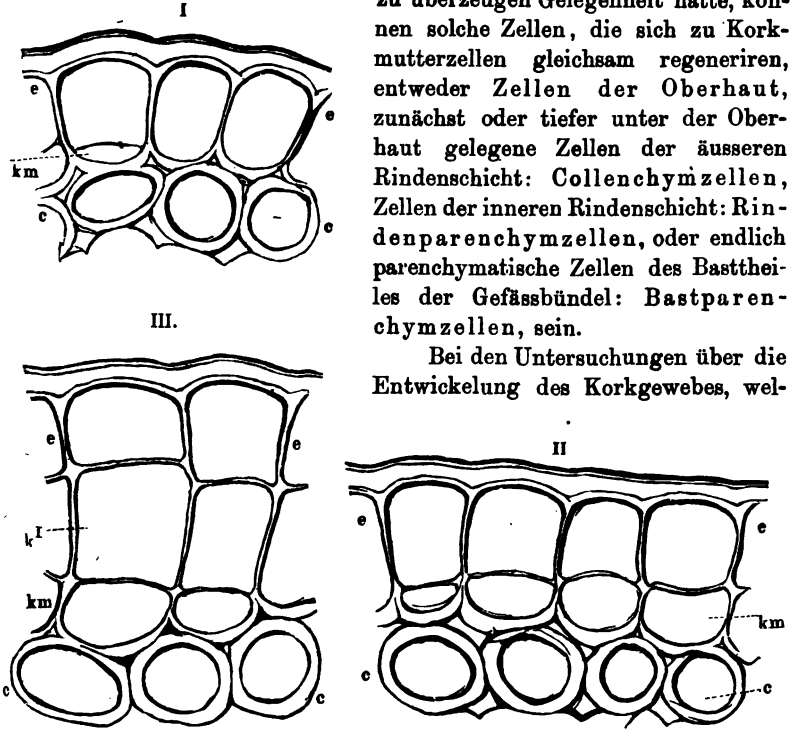
Das Korkgewebe.

Primäres Korkgewebe.

Entstehung des Korkgewebes. — Das Korkgewebe entsteht normal stets später als alle übrigen Gewebe der perennirenden Pflanzen. Es tritt ausserdem bei die äusseren Theile der höheren Gewächse treffenden Verletzungen auf, um dieselben nach Aussen hin gegen die Wirkungen der atmosphärischen Einflüsse abzuschliessen.

Vermöge der Zeitfolge seiner Entstehung geht das Korkgewebe nicht wie die anderen Gewebe unmittelbar aus dem Urgewebe hervor. Es verdankt seine Entstehung vielmehr einer Neubildung in schon umgebildeten Parenchymzellen. Soweit unsere neueren Beobachtungen reichen, von deren Richtigkeit ich selbst mich zu überzeugen Gelegenheit hatte, können solche Zellen, die sich zu Korkmutterzellen gleichsam regeneriren, entweder Zellen der Oberhaut, zunächst oder tiefer unter der Oberhaut gelegene Zellen der äusseren Rindenschicht: Collenchymzellen, Zellen der inneren Rindenschicht: Rindenparenchymzellen, oder endlich parenchymatische Zellen des Bastheiles der Gefässbündel: Bastparenchymzellen, sein.

Fig. 69.



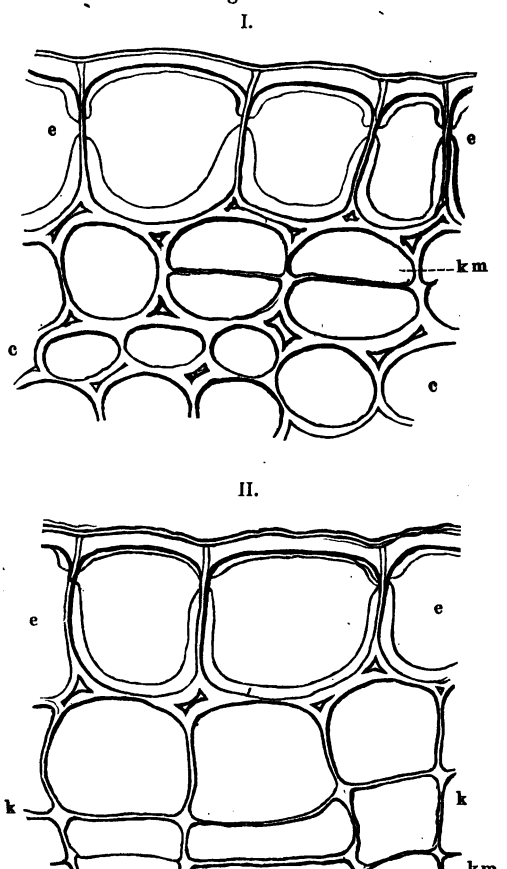
Bei den Untersuchungen über die Entwickelung des Korkgewebes, wel-

Entwickelung des Korkes von Nerium Oleander. I. Querschnitt durch ein Internodium, wo eben in einzelnen Zellen der Epidermis (rechts) die Theilung beginnt. *e* Epidermis. *c* Collenchym, *km* eben entstandene junge Korkmutterzelle. — II. Ein ähnliches Präparat mit verschiedenen weit fortgeschrittenen ersten Theilungen. Bezeichnung wie bei I, — III. Querschnitt durch ein Internodium, bei dem sich die ersten Korkzellen k^I bereits gebildet haben. Vergr. 1 : 660.

Digitized by Google

che man an jungen End- oder Seitentrieben in der Art verfolgt, dass man von den jüngsten Internodien aus allmälig zu den nächst älteren fortschreitend zarte, durch kurzes Verweilen in einem Tropfen Ammoniaklösung aufgehellte Querschnitte untersucht, wird man gerade auf diese Verhältnisse sein Augenmerk zu richten haben.

Fig. 70.



Entstehung des Korkes von Sambucus nigra. I. Querschnitt durch ein Internodium mit eben beginnender Theilung. — II. Desgleichen durch ein älteres Internodium mit weiter fortgeschrittenen Entwickelungszuständen. *e* Epidermis, *c* Collenchym, *km* Korkmutterzellen, *k* Korkzellen. Vergr. 1 : 420.

Als Pflanzen, bei denen der Kork sich in den Zellen der Oberhaut entwickelt, nenne ich nur Nerium Oleander (Fig. 69, S. 157), Pyrus malus, Sorbus aucuparia, Viburnum Lantana. Es theilt sich hier die Oberhautzelle in zwei Tochterzellen, von denen die obere sammt den Cuticularschichten und der tertiären Zellstoffhülle verkorkt, während die untere zur neuen Korkmutterzelle wird. In gleicher Weise gehen die weiteren Theilungen vor sich, so dass immer die obere Zelle verkorkt, die untere aber als Mutterzelle jüngerer Korkgenerationen auftritt (Fig. 69, III, a. v. S.).

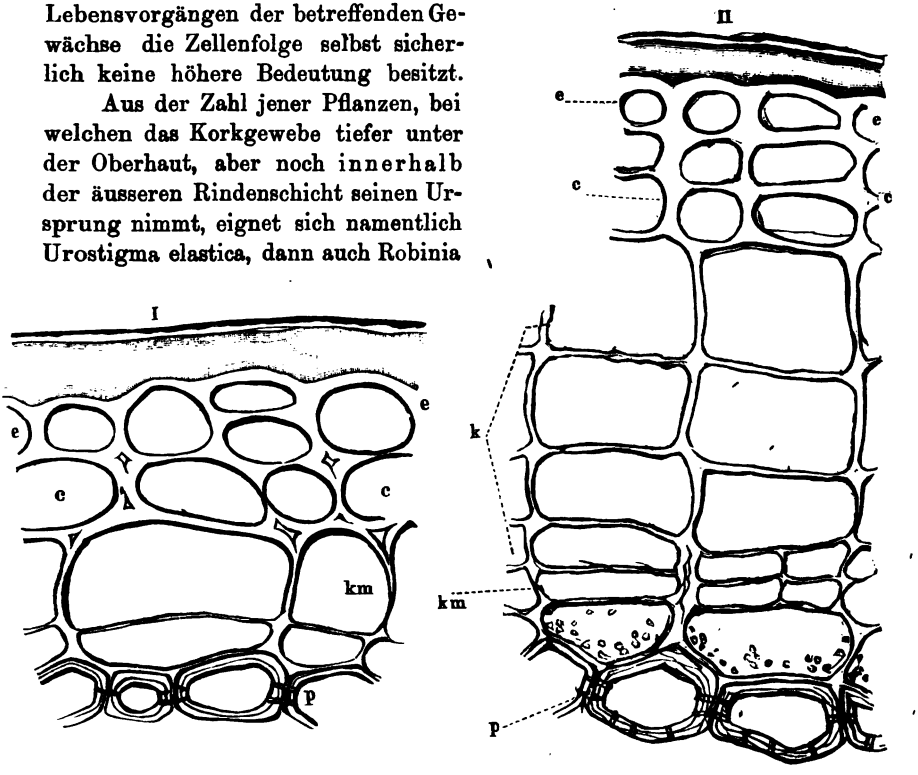
Bei der grösseren Mehrzahl unserer Holzgewächse, z. B. Acer, Fagus, Quercus, Betula, Ulmus, Prunus, Aesculus, Sambucus, den Pelargonien u. s. w., werden die zunächst unter der Oberhaut gelegenen Collenchymzellen zu Mutterzellen des Korkes (Fig. 70). Hier finden sich in Bezug auf den Gang der Verkorkung sowie der einander folgenden

Digitized by Google

Zelltheilungen mehrfache Abänderungen, auf welche ich hier indessen nicht näher eingehen kann und über welche man im Vergleiche mit der beigegebenen Entwickelungsgeschichte von Sambucus nigra (Fig. 70) die unten angezogene Abhandlung von Sanio nachlesen möge. Ob hier überhaupt die dort aufgestellten Gesetze unbedingt maassgebend sind, ist mir nach meinen eigenen Untersuchungen noch zweifelhaft und möchte ich nicht versäumen, die Aufmerksamkeit der Beobachter darauf hinzulenken, obwohl für das Wesen des Korkes selbst sowie für dessen Verhalten zu den Lebensvorgängen der betreffenden Gewächse die Zellenfolge selbst sicherlich keine höhere Bedeutung besitzt.

Aus der Zahl jener Pflanzen, bei welchen das Korkgewebe tiefer unter der Oberhaut, aber noch innerhalb der äusseren Rindenschicht seinen Ursprung nimmt, eignet sich namentlich Urostigma elastica, dann auch Robinia

Fig. 71.



I. und II. Verschiedene Entwickelungszustände des Korkgewebes von Urostigma elasticum. *e* Epidermis, *c* Collenchymzellenreihen, *km* Korkmutterzellen, in denen bei Fig. II. links eine Theilung auch in radialer Richtung auftritt. *k* Korkzellen, *p* verholzte Rindenparenchymzellen. Vergr. 1 : 660.

Pseud-Acacia sehr gut zur Beobachtung. Hier sind es die Zellen der zweiten oder dritten Collenchymreihe, welche zu den Korkmutterzellen werden (Fig. 71).

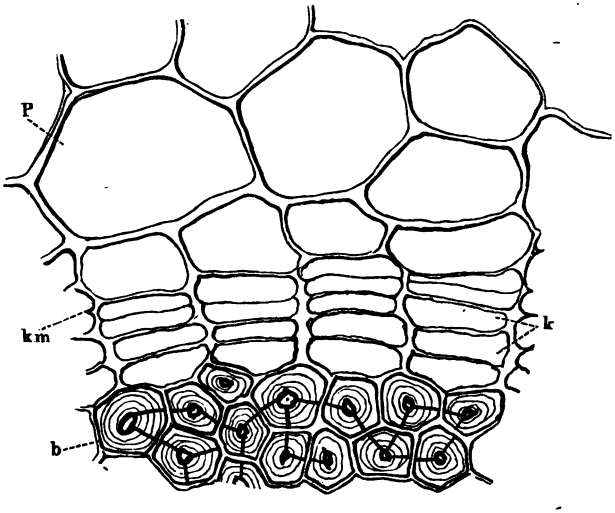
Bei den Rubus- und Ribes-Arten, ebenso bei Lycium (in der Regel?) entsteht das Korkgewebe in den inneren Rindenschichten, und zwar sind es die zunächst an das Gefässbündel angrenzenden Rindenparenchymzel-

Digitized by Google

len, welche zu Korkmutterzellen werden (Fig. 72), so dass das ganze junge Rindengewebe durch die Korkbildung abgestossen wird.

In dem Parenchym des Bastbündels entwickelt sich das primäre

Fig. 72.



Entwickelung des Korkes in dem Stengel von Rubus fruticosus. *P* Parenchym der Innenwand, *km* Korkmutterzellen, *k* junge Korkzellen, *b* Bastfasern. Vergr. 1 : 660.

Korkgewebe nur bei einer verhältnissmässig geringen Anzahl von Pflanzen, bei denen, wie bei Vitis vinifera (Fig. 73), Clematis und Lonicera durch den primären oder eigentlichen Kork im ersten Jahre die ganze Rinde sammt der ältesten Partie des Bastbündels und dann alljährlich durch secundären Kork (Borkenbildung) die nachgebildeten älteren Bastlagen des Gefässbündels abgeworfen werden.

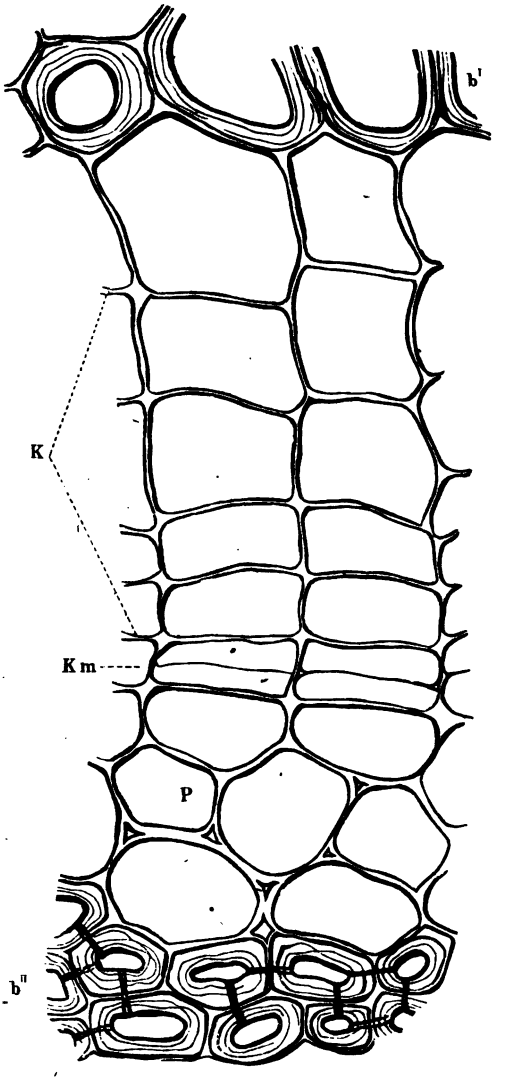
Form und chemisches Verhalten der Korkzellen. — Das Korkgewebe besteht in der Regel aus auf dem Querschnitt vierseitigen Zellen, die entweder allseitig gleichförmig ausgedehnt, oder in radialer Richtung zusammengedrückt, oder gestreckt sind.

Die Zellhülle ist entweder nur schwach oder mässig, seltener stärker verdickt. Dieselbe verkorkt schon sehr frühzeitig und so vollständig, dass der Zellstoff auch nach vorgängiger Behandlung mit den bekannten chemischen Mitteln nicht mehr oder doch nur unvollständig nachgewiesen werden kann, während sie durch längeres Kochen in dem Schultz'schen Macerationsgemisch in eine wachsartige Masse umgewandelt wird. Der Inhalt der Korkzellen verschwindet ebenfalls schon bald und es führen dieselben Luft. Nur die stärker verdickten Korkzellenschichten der Laub- und Nadelhölzer enthalten einen dunkelgelb bis

Digitized by Google

rothbraun gefärbten harzartigen Stoff, hier und da (nach Schacht) auch Krystalle.

Fig. 73.



Entwickelung des primären Korkes von Clematis vitalba. b^{I} Bastfasern des primären Bastbündels, b^{II} Bastfasern der secundären schmalen Bastgruppe. *P* Bastparenchym, *km* Korkmutterzellen, *k* junge Korkzellen. Vergr. 1 : 660.

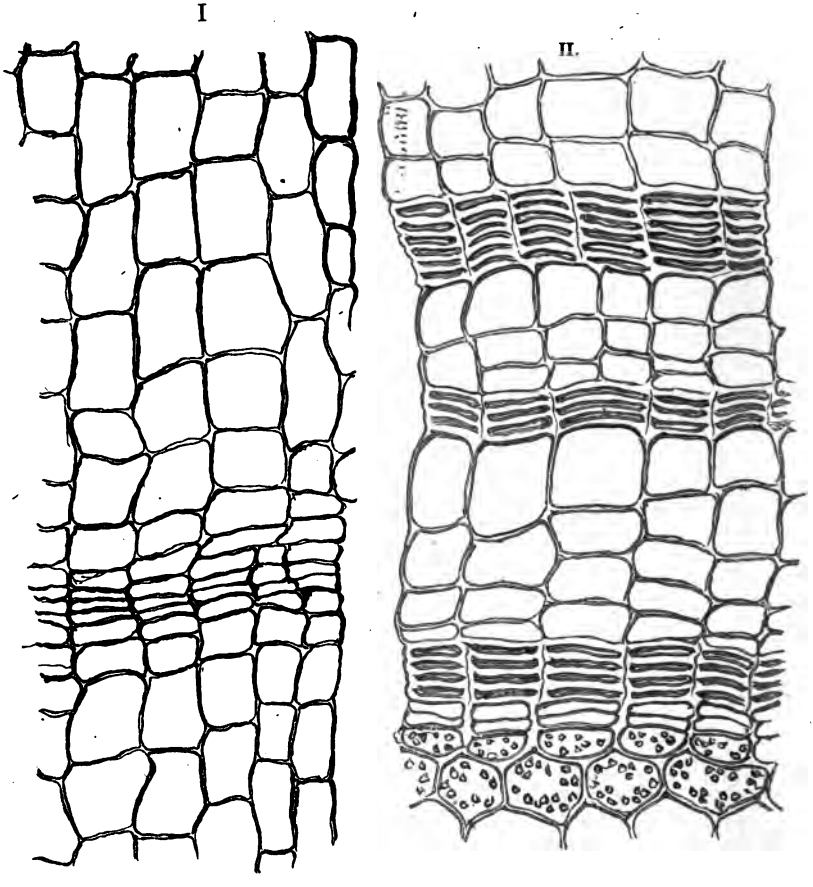
Arten des Korkes. — Die Verhältnisse der durchgängig gleichartigen, zartwandigen oder dickwandigen Beschaffenheit der Zellhüllen sowie des Wechsels zwischen zartwandigen und dickwandigen Zellen-

Digitized by Google

schichten des Korkgewebes einerseits, der Ort des Bildungsheerdes für den Kork andererseits bedingen jenes mannigfache Verhalten des letzteren, in welchem die Art der äusseren Bekleidung unserer perennirenden und Holzgewächse ihren Grund hat.

Wo der Kork in den äussersten Rindenschichten oder in der Epi-

Fig. 74.



Verschiedene Arten des Korkes. I. Querschnitt durch das Korkgewebe des Feldahornes (Acer campestre). — II. Querschnitt durch den aus abwechselnd langen zart- und derbwandigen Zellen gebildeten Lederkork der Birke (Betula alba). Vergr. v. I. 1:250, II. 1:660.

dermis entsteht und zum grössten Theile aus mächtigen Lagen dünnwandiger nahezu cubischer oder in radialer Richtung gestreckter Zellen besteht, die nur durch schwache Streifen tafelförmiger, mässig verdickter Zellen unterbrochen werden, da wuchert derselbe, den man auch als gewöhnlichen Kork (Suber) bezeichnet, jedes Jahr neue Lagen bildend

Digitized by Google

und in seinen äusseren Bezirken unregelmässig in der Achsenrichtung des Stammes zerreissend, in üppigster Weise über den verbleibenden äusseren und inneren Rindenschichten, wie dies z. B. bei dem Feldahorn (Acer campestre), der Korkrüster (Ulmus suberosa), der Korkeiche (Quercus suber) der Fall ist (Fig. 74, I.).

Fig. 74.

III.

Querschnitt durch den nur aus derbwandigen Zellen bestehenden Lederkork der Linde (Tilia grandifolia). Vergr. 1 : 660.

Entwickelt sich das Korkgewebe derart, dass Schichten radial zusammengedrückter, tafelförmiger, stärker verdickter, mit solchen aus radial gestreckten, dünnwandigen Zellen wechseln, dann geht daraus die von einigen Autoren Lederkork (Periderma) genannte Modification des Korkgewebes hervor, bei welcher sich dieses in mehr oder minder starke, abblätternde Lagen trennt (Betula alba, Prunus cerasus, Fig. 74, II.). Besteht endlich das ganze Korkgewebe nur aus tafelförmigen verdickten Zellen, so bleibt die ebenfalls zum Periderma gerechnete Korkhülle der Rinde glatt und blättert nicht ab (Fagus, Tilia, Carpinus, Sorbus, Abies pectinata u. s. w., Fig. 74, III.).

Borke.

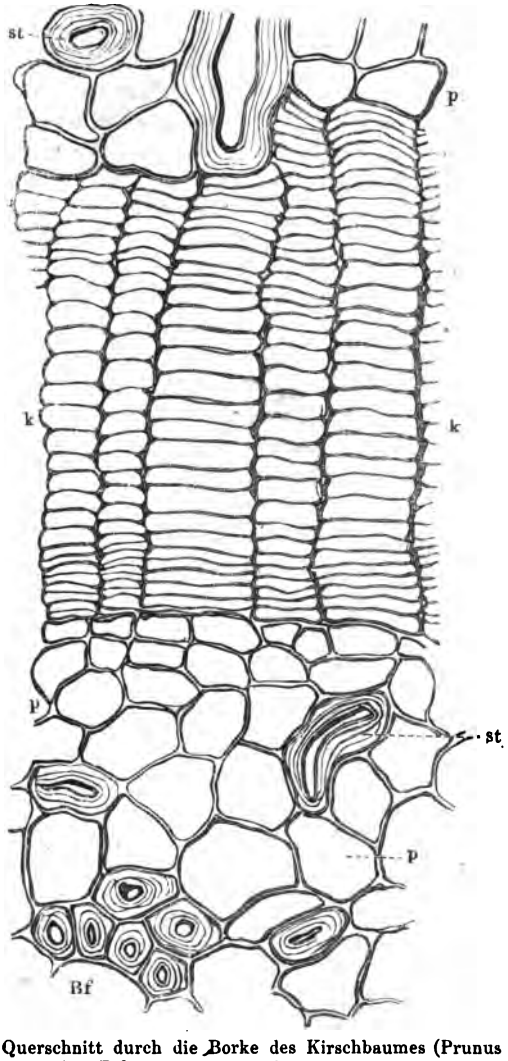
Entstehungsweise der Borke. — Die Borkebildung, welche keineswegs mit der letzten Modification der Entstehungsweise des primären Korkes identisch ist, und deren Entstehung man mittelst Quer- und Längsschnitten an jüngeren und stufenweise im Alter fortgeschrittenen Zweigen, Aesten oder besser noch Stammstücken verfolgt, beruht, wie schon v. Mohl nachgewiesen hat, auf einer Entwickelung von secundärem Korkgewebe innerhalb des Basttheiles der Gefässbündel. Sie tritt in späterem Alter bei einer grossen Zahl derjenigen Holzpflanzen auf, welche ihren Rindenkork schon in der Jugend gebildet haben. Nachdem nämlich die Korkbildung hier ihr Ende erreicht hat, verdickt sich der Basttheil des Gefässbündels nach längerer Zeit in der später näher beschriebenen Weise. Dann aber entstehen in dem Bastparenchym der älteren Jahresringe an der Grenze des zunächst jüngeren Jahresringes durch Quertheilungen je nach Umständen eine kleinere oder grössere Anzahl von tangentialen Reihen tafelförmiger, dünnwandiger oder ver-

Digitized by Google

dickter Korkzellen, welche den nach Aussen von ihnen gelegenen Theil des Gefässbündels von dem noch lebenskräftigen Theile abschliessen.

Borke der Laubhölzer. — Bei der Platane, dem Pflaumen- und dem Kirschbaume entwickeln sich die aus dünnwandigen Zellen bestehenden Korkreihen (Fig. 75, *k*) nicht im ganzen Umfange der Gefässbündel, und es blättern die abgestorbenen Bastlagen in Form von dünnen Schuppen oder bandartigen Lappen ab. Bei unserer Eiche (Quercus robur), bei der Linde, Pappel, Erle und Rosskastanie entstehen ähnliche, aus derbwandigen Zellen bestehende Korkplatten (Fig. 76, *P*, *P*) im Innern der Bastbündel, wie bei der Platane; es fallen aber die älteren Schuppen nicht ab, sondern reissen nur an den Rändern ein, so dass der Stamm von einer, aus mehreren übereinanderliegenden abgestorbenen Schuppen bestehenden Borke bekleidet wird, die in ihren inneren Bezirken sämmtliche Elemente des Bastes, an ihrer äusseren Seite noch die Rinde mit dem primären Korkgewebe beobachten lässt.

Fig. 75.



Querschnitt durch die Borke des Kirschbaumes (Prunus cerasus). *Bf* Bastfasern, *p* Parenchym, *st* verdickte und versetzte Parenchymzellen, welche hier und da faserartig und verzweigt erscheinen, *k k* aus dünnwandigen Zellen bestehende Korkplatte. Vergr. 1 : 420.

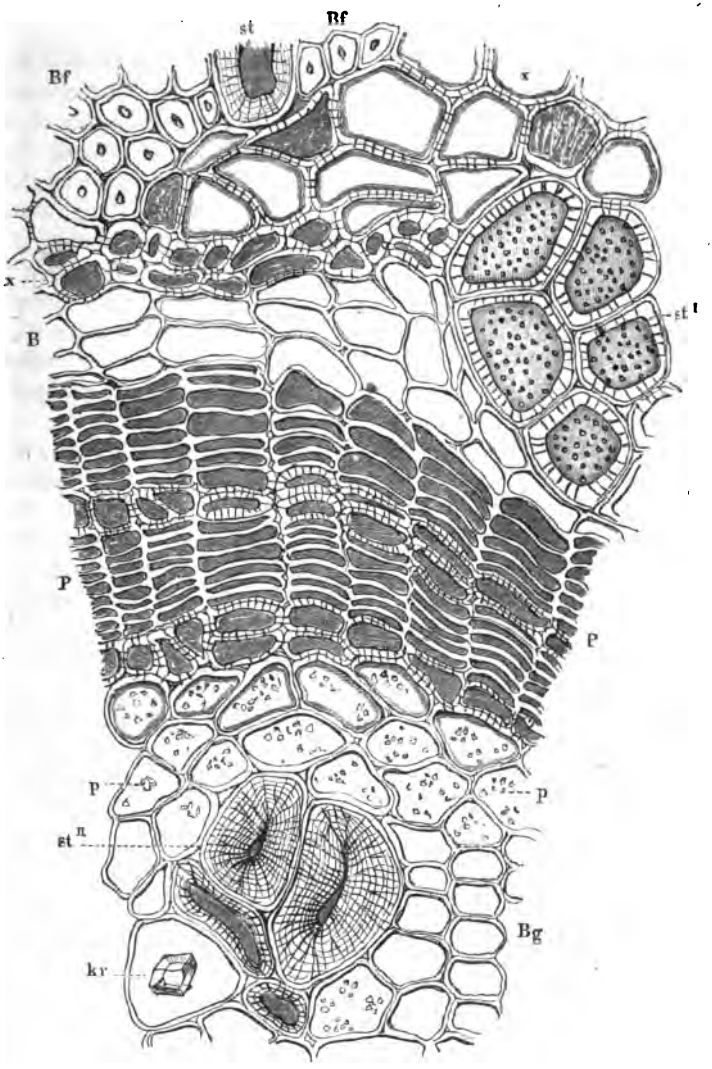
Borke der Nadelhölzer. — Unter den einheimischen Nadelhölzern gehören zu den schon frühzeitig borkebildenden Bäumen die Kiefer und Lerche, der Wachholder und der Eibenbaum.

Die beiden ersteren bil-

Digitized by Google

den eine rissige, jener der letztgenannten Laubhölzer ähnliche und bei der Kiefer theilweise abblätternde Borke mittelst eines aus wechselnden Lagen dünnwandiger und verdickter Zellen bestehenden Peridermas

Fig. 76.



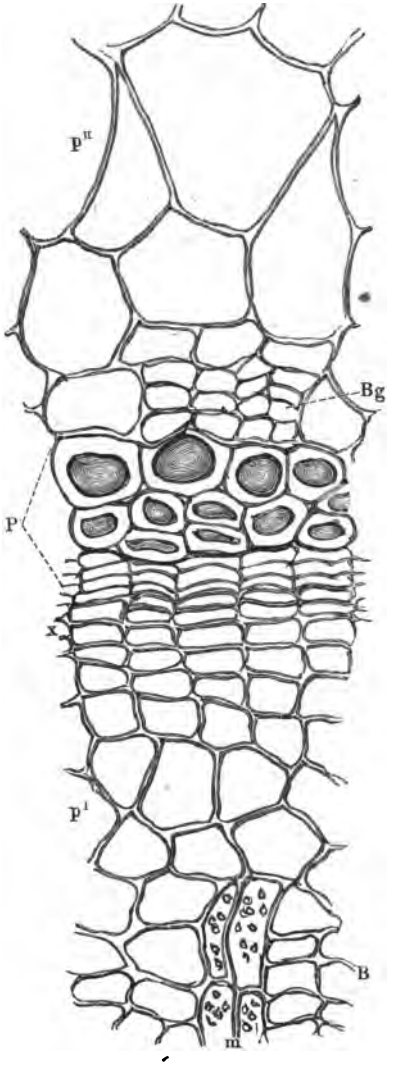
Querschnitt durch die innerste Borkenlage der Traubeneiche (Quercus robur). *PP* aus derbwandigen, mit einer rothen homogenen Masse erfüllten Zellen gebildete Peridermalage, *pp* Parenchymzellen mit einzelnen Stärkekörnern, st^{I} mässig verdickte Parenchymzellen (Steinzellen), st^{II} stark verdickte Parenchymzellen, *Bg* Bastgefässe (Siebröhren), *Bf* Bastfasern, *B* Parenchym und Gefäss des Bastes, *kr* grosse ein Krystall enthaltende Parenchymzelle, *x — x* eine peridermaartige Gewebegruppe. Vergr. 1 : 440.

Digitized by Google

(Fig. 77 I. u. II. *P*). Sie zeichnen sich aber noch ganz besonders dadurch aus, dass bei ihnen mächtige Lagen eines nachgebildeten, grosszelligen parenchymatischen Gewebes zwischen den einzelnen Peridermaschichten auftreten, welche die Elemente des Bastbündels in kleinere oder grössere Gruppen sondern (Fig. 77, I. und II., p^{II}). Ob diese Gewebepartieen als eine Wucherung des Bast- — und in den äusseren Theilen — des Rindenparenchyms zu betrachten sind, oder ob sie mit zur Korkbildung gehören, darüber kann nur die Entwickelungsgeschichte, sowie die Folge ihres Auftretens Aufklärung geben, denn in ihrem sonstigen Verhalten gegen chemische Reagentien sowie gegen polarisirtes Licht stimmen sie ebenso wie die verdickten Peridermazellen nicht mit den dünnwandigen Korkzellen überein.

Fig. 77.

I.

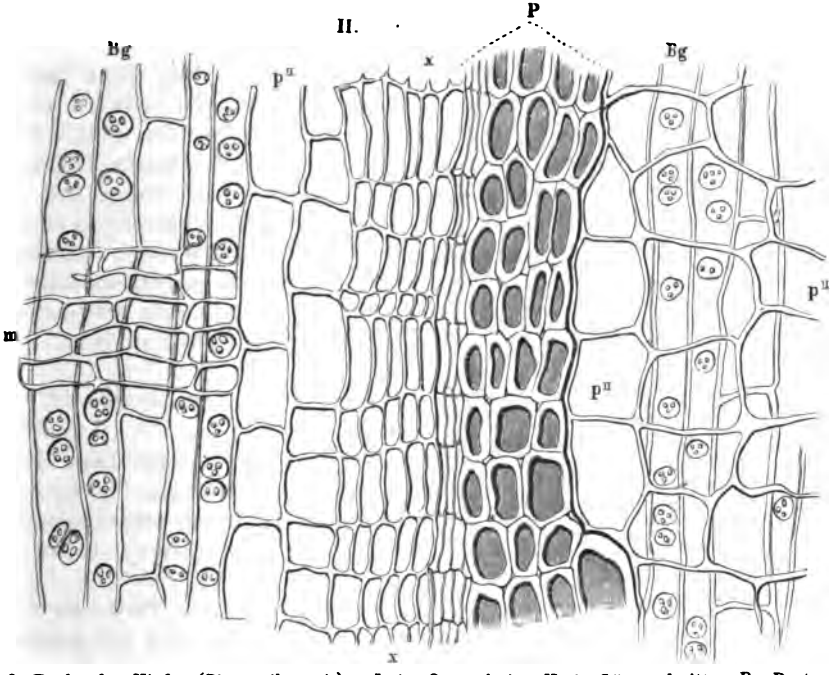


Bei dem Wachholder, welchem sich die Taxineen und Cupressineen anschliessen, erfolgt die Borkebildung mittelst wenige Reihen zählender, auch die Markstrahlen durchsetzender, dünnwandiger Korkschichten (Fig. 78, *k*, *k*), welche dem Umfange des Stammes folgen und so den Bast in regelmässige concentrische Blätter zerfällen, die nur einen schwachen Zusammenhang besitzen und leicht abgelöst werden können oder sich von selbst nach Aussen in unregelmässigen Lappen lostrennen. Die Fichte und Weisstanne schreiten erst im späteren Alter zur Bildung einer am Stamme verbleibenden unregelmässig zerrissenen Borke, die aber weniger tief eindringt und namentlich nur den die bekannten verzweigten kurzen faserähnlichen Zellen enthaltenden Theil der Rinde, nicht aber den Basttheil des Gefässbündels ergreift.

Zum Studium der Structurverhältnisse des Korkgewebes in seinen verschiedenen Modificationen hat man Quer- und Längsschnitte an-

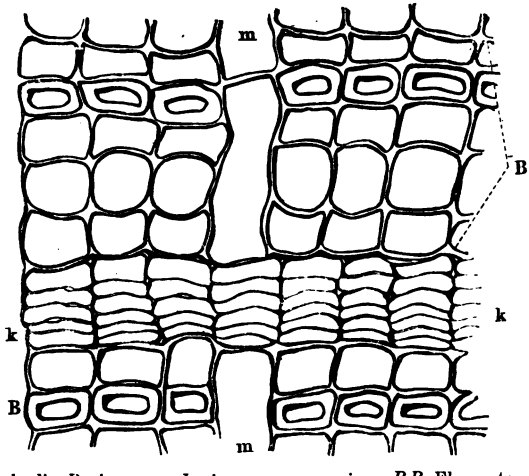
Digitized by Google

Fig. 77.



I. Borke der Kiefer (Pinus silvestris). I. im Querschnitt, II. im Längsschnitt. *Bg* Bast-Gefässzellen (Siebröhren), p^{I} Bastparenchym, p^{II} grosszelliges, korkartiges, in bedeutenden Massen wucherndes Parenchym, *m* Markstrahl, *P* aus einer inneren dünnwandigen und einer äusseren derbwandigen Schicht bestehendes Periderma, *xx* tafelförmige Zellen vor der Peridermaplatte. Vergr. 1 : 180.

Fig. 78.



Querschnitt durch die Borke von Juniperus communis. *BB* Elemente des Bastes, *mm* Markstrahlen, *kk* aus dünnwandigen Zellen gebildete, dem Stammumfang parallele Korkplatte. Vergr. 1 : 370.

Digitized by Google

zufertigen, die zunächst unter Wasser, dann aber auch unter dem Einflusse der mehrfach genannten Reagentien zu betrachten sind. Für die genaue Kenntniss der Borke reichen diese Schnitte in dem Zustande, wie man sie dem betreffenden Pflanzentheile entnommen hat, nicht immer aus, da die von ersterer eingeschlossenen Gewebetheile meistens mehr oder minder vertrocknet und dadurch unkenntlich geworden sind. Will man sich über diese eine genaue und vollkommene Uebersicht verschaffen, so wird man die entsprechenden Schnitte entweder einige Zeit in kalter Aetzkalilauge maceriren oder dieselben in dieser Flüssigkeit einige Minuten erwärmen und hierauf mittelst destillirten Wassers aussüssen müssen. Durch diese Operation erlangt nämlich das ganze Gewebe seine ursprüngliche Spannung in mehr oder minder hohem Grade wieder und die gesammten Structurverhältnisse treten aufs Deutlichste zu Tage.

Das Oberhautgewebe.

Das Oberhautgewebe besteht bloss aus einer einzigen Lage und nimmt seinen Ursprung unmittelbar aus dem Urparenchym. Seine Zellen bleiben häufig noch längere Zeit, oft sogar bis in ein verhältnissmässig hohes Alter (Viscum, Ilex) fortbildungsfähig, so dass es mit Leichtigkeit der Verdickung der Achsenorgane folgen kann.

Die Oberhaut fehlt keinem nach Aussen gewendeten Theile der Gewächse, mag dieses ein Seiten- oder Achsenorgan sein. Bei den Achsenorganen bleibt dieselbe jedoch nur so lange erhalten, als die Korkbildung noch nicht so weit fortgeschritten ist, dass sie durch letztere abgeworfen und durch den Kork ersetzt wird.

Arten und Bau des Oberhautgewebes.

Man unterscheidet je nach der Beschaffenheit der Zellhüllen namentlich aber der Verdickungsschichten, deren Ablagerung hier meistens einseitig erfolgt, dreierlei Modificationen des Oberhautgewebes, Epithelium, Epiblema und Epidermis.

Epithelium. — Das Epithelium bildet eigentlich ursprünglich die Bedeckung aller jungen Pflanzentheile, so auch des Vegetationskegels. Aus ihm gehen später Epiblema sowohl als Epidermis hervor. Während es sonach in der Mehrzahl der Fälle bald verschwindet, verharrt es längere Zeit nur als Oberhaut der inneren Höhlungen mancher Pflanzenorgane, z. B. des Fruchtknotens, des Staubwegcanales beim Griffel, ferner als Oberhaut der Narbe und der Blumenblätter. Die Zellstoffhülle verholzt hier niemals, und der Inhalt wird entweder von farblosen wässerigen oder von gefärbten Säften gebildet. Hier und da, namentlich bei den Blumenblättern, finden sich auch Farbenkörperchen von kleinem oder grösserem Umfange.

Digitized by Google

Epiblema. — Das Epiblema tritt nur bei den unterirdischen Pflanzentheilen als Oberhaut auf. Es besitzt meist etwas abgeplattete, nach Aussen nur wenig verdickte Zellen, deren Zellstoffhülle gleichfalls nicht verholzt.

Epithelium und Epiblema zeichnen sich dadurch von der vollständig entwickelten Epidermis aus, dass ihnen die der letzteren eigenthümlichen Spaltöffnungen fehlen, wogegen sich bei den letzteren häufig zartwandige länger oder kürzere, einzellige Haare entwickeln, welche aus einer Verlängerung einzelner Zellen hervorgehen. Zur Untersuchung der beiden Gewebemodificationen dienen zarte Längs- und Querschnitte aus den betreffenden Pflanzentheilen und hat man für das Epiblema nur ganz junge Wurzelchen zu nehmen, weil sonst die Oberhaut bereits abgestorben und durch Kork ersetzt ist.

Epidermis. — Die Epidermis findet sich am vollkommensten entwickelt bei den Blättern, sowie an der grünen Rinde einjähriger sowohl als ausdauernder Gewächse. Zu ihrer Beobachtung hat man zunächst höchst gelungene, zarte Querschnitte nöthig, welche man durch Schneiden zwischen Hollundermark (siehe Bd. I, S. 324) herstellt, dann bedarf man einer senkrecht zur Fläche geführten Längsansicht, sowie einer Flächenansicht, wozu man die Präparate leicht durch das Abziehen der Oberhaut oder, wo dies sich nicht ausführen lässt, mittelst eines ganz zarten Flächenschnittes von dem betreffenden Pflanzentheile gewinnen kann.

Formen der Oberhautzelle. — Die Oberhaut besteht immer aus Parenchymzellen, die meist mehr oder minder abgeplattet (tafelförmig), seltener — und zwar nur bei der Oberhaut der Samen — von prismatischer Form sind. Bei den Achsenorganen langsam in die Länge wachsender Pflanzen sind die Zellen derselben in der Längsansicht in der Regel kaum in die Länge gestreckt, dagegen erreichen sie bei sehr rasch wachsenden Gewächsen oft eine nicht unansehnliche Länge. In beiden Fällen nähert sich ihre Gestalt mehr dem regelmässigen Vieleck und zeigt nur in selteneren Fällen unregelmässige Formen. Die Oberhaut der Blätter zeigt nur bei den Monokotyledonen die langgestreckte Zellenform (Fig. 79, III., a. f. S.), sonst treten entweder ziemlich regelmässig polygonale oder mehr oder minder unregelmässige, sternförmige, wellige und andere Formen auf (Fig. 79, I. u. II., a. f. S.).

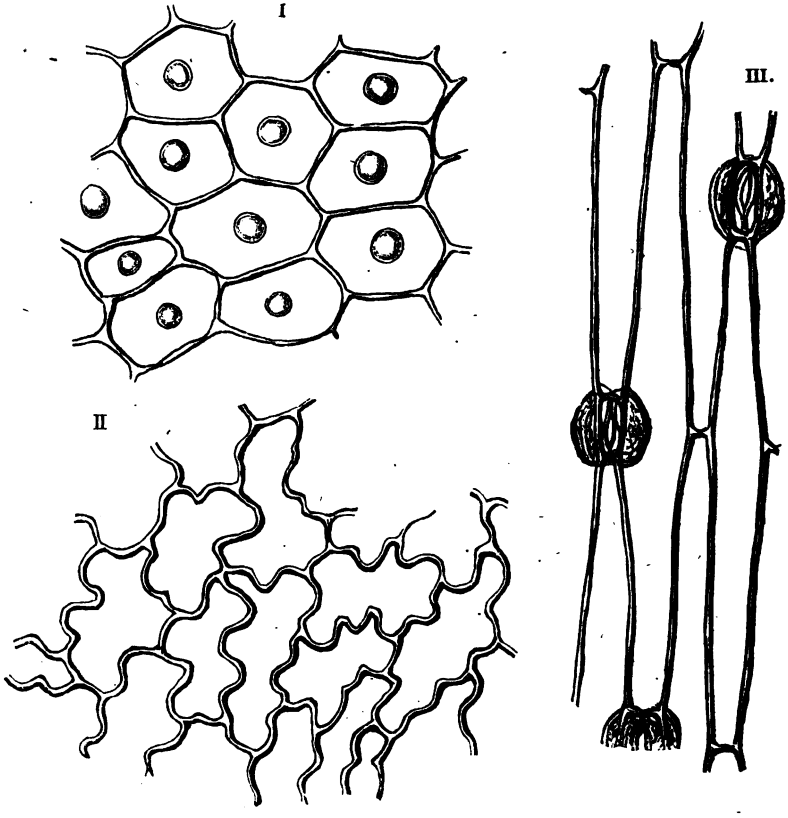
Structur der Zellstoffhülle. — Die Zellstoffhülle der Oberhautzellen ist nur höchst selten und zwar nur bei sehr zarten und weichen Blättern und Stengeln gar nicht oder wenig verdickt und besteht dann, mit Ausnahme eines höchst zarten, über der nach Aussen gewendeten Seite ausgespannten Häutchens (Cuticula) aus reinem Zellstoff.

In der Mehrzahl der Fälle begegnen wir dagegen mehr oder min-

Digitized by Google

der massigen secundären Verdickungsschichten, welche in der Regel einseitig, d. h. auf der nach Aussen gewendeten Seite der betreffenden Zelle abgelagert sind (Fig. 13, I. bis III. auf S. 66 u. Fig. 17 auf S. 73).

Fig. 79.



Verschiedene Formen der Oberhautzellen. I. aus dem Blatte von Aloe succotrina, polygonal. II. aus dem Blatte von Polipodium vulgare, buchtig. III. aus dem Blatte von Iris germanica, langgestreckt. Vergr. 1 : 250.

Der Inhalt der Oberhautzellen besteht in der ersten Zeit ihres Lebens und so lange sie theilungsfähig bleiben, aus Protoplasma mit dem Kern und aus Zellsaft. Später führen sie entweder meist wässerigen Inhalt oder Luft. Nur in einzelnen Fällen findet man auch andere Stoffe, so in den Oberhautzellen junger Zweige von Ephedra, Chlorophyll und Stärke, in einzelnen Zellen von Citrus grosse Krystalle, welche bei Vanilla planifolia in allen Oberhautzellen und zwar in der Regel zu je einem erscheinen.

Digitized by Google

Cuticularmetamorphose.

Ein besonderes Interesse gewährt die chemische Beschaffenheit der Oberhautzellen und hat man vorzugsweise jenes Verhalten ins Auge zu fassen, welches die Umbildung der verschiedenen Zellhüllschichten betrifft und unter dem Namen Cuticularmetamorphose bekannt ist.

Letztere, welche in der Regel ähnliche Veränderungen hervorbringt, wie die als Verkorkung bekannte Umbildung der Zellhüllen des Korkgewebes, in einzelnen Fällen auch auf einer einfachen Verholzung beruht, wie wir ihr schon bei anderen Zellenarten begegnet sind, ergreift unter allen Umständen die äusserste (cambiale) Hüllschicht, während die sogenannten primären Wandungen, sowie die secundären und tertiären Verdickungsschichten ihr entweder ganz, nur theilweise oder gar nicht anheimfallen, so dass man Oberhautzellen mit und ohne Cuticularschichten unterscheiden kann.

Oberhautzellen ohne Cuticularschichten. — Bei einer geringen Anzahl von Pflanzen bleiben die Zellhüllschichten von der primären Wandung bis zu der tertiären Verdickungsschicht chemisch unverändert, so dass sich in ihnen auf allen Altersstufen der reine Zellstoff nachweisen lässt. Chlorzinkjodlösung, ebenso Jod und Schwefelsäure färben solche Oberhautzellen durch alle diese Schichten in der bekannten charakteristischen Weise, während ein äusserstes, anfänglich sich überall nicht färbendes Häutchen, soweit es zwischen den Oberhautzellen verläuft, nicht, über der Aussenseite der Verdickungsschichten aber und soweit es mit der atmosphärischen Luft in Berührung ist, gelb, gelbröthlich bis braun gefärbt wird (Fig. XXXVI., I. bis III. und XLIII.

Während also die zuerst über der Zellhaut abgeschiedene cambiale Hüllschicht zwischen den sich berührenden Oberhautzellen zur Intercellularsubstanz wird, ist sie nach Aussen durch eine unter dem Einflusse äusserer Agentien vor sich gegangene chemische Umbildung in die Cuticula übergegangen. Hier und da dringt die Metamorphose auch etwas in die Seitenwände der äussersten Hüllschicht, so dass sich die dunkle Färbung keilförmig zwischen die secundären Schichten hineinzieht (Fig. XLIII., II.).

Zu den Pflanzen, bei denen die Verdickungsschichten der Oberhautzellen nicht cuticularisirt werden, gehören viele Liliaceen und Aroideen, die einheimischen Orchisarten, manche Umbelliferen, Dipsacus u. A.

Oberhautzellen mit Cuticularschichten. — Bei der grossen Mehrzahl solcher Pflanzen, welchen eine Oberhaut mit einseitig stärker verdickten Zellen eigen ist, begegnen wir jener eigenthümlichen Umwandlung der primären Zellstoffhülle, sowie der secundären, hie und da auch der tertiären Verdickungsschichten, welche oben mit dem Namen

Digitized by Google

der Cuticularmetamorphose bezeichnet wurde und welche manchmal auch ganz entschiedene Eingriffe in die Structurverhältnisse beobachten lässt (vergleiche Fig. XLIV. bis XLVIII. nebst Erklärung). Die Verdickungsschichten erhalten dann den Namen Cuticularschichten, während auch hier die Bezeichnung Cuticula für das meist zarte Häutchen bleibt, welches die Aussenwand der betreffenden Zellen continuirlich überzieht und sich in frischen Schnitten von den darunter liegenden Hüllschichten durch eine eigene Begrenzung, an mit Reagentien behandelten Präparaten durch eine hellere oder dunklere Färbung unterscheidet.

Es lassen sich bei der Cuticularmetamorphose mehrere Modificationen unterscheiden, welche man nicht selten an verschiedenen Exemplaren derselben Pflanzenart, ja von ein und demselben Organe der nämlichen Pflanze auf verschiedenen Altersstufen beobachten kann und deren Verfolg für die Erkenntniss der verschiedenartigen Umbildungsweise des Zellstoffes nicht ohne Interesse ist.

Die einzelnen Fälle, welche hier vorzugsweise in Betracht kommen, sind folgende:

1. Es zeigen die Umwandlung in Cuticularschichten nur die primären und einige oder alle secundären Hüllschichten und dann bloss nach der Aussenseite, während die tertiäre oder innerste Verdickungsschicht nach allen Seiten hin, die anderen Schichten aber, soweit sie vorhanden sind, in den Seiten- und Innenwänden der Oberhautzellen ihre ursprüngliche chemische Beschaffenheit bewahren. Dies ist der Fall bei der Oberhaut des Stengels und Blüthenschaftes mancher Monokotyledonen und der meisten lederartigen und glänzenden Blätter (Nerium, Urostigma, Hoya, tropische Orchideen u. s. w.). Die cuticularisirten secundären Schichten können dabei entweder gleichartig verändert erscheinen (Fig. XLIV., I. bis V.), oder in mehrere optisch und chemisch verschiedene Schichten zerfallen (Fig. XLIV., VI.), wo dann, wie die Anwendung polarisirten Lichtes lehrt, die älteren immer verkorkt, die jüngeren aber häufig nur verholzt erscheinen.

2. Es erleidet die primäre Hüllschicht bis hinab in die Seitenwände der Epidermiszellen die Cuticularmetamorphose, während die secundären Verdickungsschichten nur nach der Aussenseite hin verändert werden, dagegen in den Innen- und Seitenwänden Zellstoffreaction zeigen (Blattnerv von Nerium, Blatt von Aloe, Gasteria, Ruscus etc.) (Fig. XLV., I. bis III.)

Das in diesem Falle beobachtete sogenannte keilförmige Vordringen der Cuticularschichten in die Seitenwände beruht nicht sowohl auf der Cuticularisirung der letzteren, als vielmehr auf der Ablagerungsweise der betreffenden Zellhüllschichten, die sich mehr oder minder nach Aussen wölben.

3. Die Cuticularmetamorphose ergreift die primären und secundären, seltener auch die tertiären Hüllschichten der ganzen oberen Zellenhälfte, während die ganze untere Hälfte der Zelle in allen dort ent-

Digitized by Google

wickelten Schichten chemisch unverändert bleibt (Fig. XLVI.). So z. B. in den jüngeren Stengelgliedern von Viscum und Urostigma.

4. Es werden entweder die primäre Zellstoffhülle allein, oder neben ihr auch der etwa allseitig entwickelte secundäre Schichtencomplex ganz oder theilweise in dem ganzen Umfange cuticularisirt, während die tertiären allseitigen Schichten unverändert bleiben (Fig. XLVII., I. bis VI.). Stengel von Ephedra, Blatt von Phornium tenax, Fiederblatt von Cycas, Ceratozamia, Dion etc.

Auch bei den drei letzten Modificationen der Cuticularmetamorphose können entweder sämmtliche homologen Schichten gleichartig verändert sein oder verschiedenartige Partieen erkennen lassen, die nicht selten an demselben Pflanzenorgane zum Ausdrucke gelangen. Hierfür bietet das Verhalten der Oberhautzellen des Fiederstieles und Blattes von Cycas (Fig. XLVII., II. bis V.) ein instructives Beispiel, was wohl auch die Ursache ist, dass wir gerade von diesem Objecte so verschiedene Darstellungen besitzen (Schleiden, v. Mohl, Schacht, Wigand).

5. Die ganze Epidermis wird durch sämmtliche Verdickungsschichten allseitig cuticularisirt, und es ergreift die chemische Umbildung nicht selten auch die nächst unterliegenden Collenchymzellen ganz oder zum Theil. So bei den Nadeln von Pinus silvestris, den älteren Stengelgliedern von Viscum und Urostigma u. s. w. (Fig. XLVIII., I. bis III.). Bei der letzteren Pflanze ist indessen das Umwandlungsproduct in den Oberhautzellen und den zwischen ihnen und dem Korkgewebe gelegenen Collenchymzellen ein verschiedenes (siehe oben), was namentlich aus dem Verhalten gegen polarisirtes Licht erhellt.

Structur der Cuticularschichten. — Die Structur der Cuticularschichten stimmt im Ganzen mit jener der übrigen Verdickungsschichten vollständig überein. Häufig erkennt man dieselben schon auf einem recht zarten Querschnitte unzweifelhaft als geschichtet. Wo dies indessen auch nicht der Fall ist, da tritt die Schichtung auf das deutlichste hervor, wenn man die betreffenden Präparate mit mehr oder minder concentrirter Schwefelsäure oder Aetzkali behandelt. Oft bedarf es sogar dieser Mittel nicht und schon die Einwirkung der Chlorzinkjodlösung gewährt einen klaren Einblick in diese Verhältnisse.

Porencanäle trifft man in den Cuticularschichten seltener, als in den Verdickungsschichten der übrigen Zellenarten. Sehr schön entwickelt finden sich dieselben indessen in den Oberhautzellen der Fiederblättchen von Cycas revoluta, der Nadeln von Pinus silvestris, Abies excelsa, sowie in den jungen Trieben von Rosa canina (Fig. XLVII., II, III. u. V. und Fig. XLVIII., I.). Nur bei Pinus und Abies fand ich jedoch die Porencanäle bis zur primären Zellstoffhülle vordringend (Fig. XLVIII., I.), während sie bei Cycas sowohl als bei Rosa nur die mittelst Chlorzinkjodlösung sich langsam violett färbenden tertiären und jüngsten secundären

Digitized by Google

Verdickungsschichten durchsetzen und an der scharf abgesonderten, ältesten secundären Verdickungsschicht endigen (Fig. XLVII., II., III. u. V.).

Präparations- und Beobachtungsweise für Cuticularschichten und Cuticula. — Um sich über die Structur der Cuticularschichten und die eigentliche Cuticula der Oberhautzellen den nöthigen Aufschluss zu verschaffen, sind vorzugsweise höchst zarte, vollständig senkrecht geführte Querschnitte durch die grünen Stengeltheile sowie durch die Blätter der betreffenden Pflanzen geeignet, und wird man die letzteren am besten zwischen Hollundermark oder Kork anfertigen. Ein bestimmtes Maass der Dicke lässt sich hier natürlich ebensowenig feststellen, wie bei anderen Präparaten. Einen gewissen Anhaltepunkt giebt aber das optische Verhalten des frischen Schnittes, indem man letzteren als hinreichend dünn betrachten kann, wenn auch die stärker cuticularisirten Zellstoffschichten fast oder ganz farblos erscheinen. Wo diese noch eine bemerkbare gelbliche oder grünliche Färbung zeigen, da besitzt der Schnitt die erforderliche Zartheit noch nicht. Längsschnitte durch dieselben Theile werden zwar in der Regel nichts Neues bringen, können dagegen die mittelst der Querschnitte gewonnenen Ansichten vervollständigen.

Hat man sich an solchen geeigneten Präparaten die erste Ein- und Uebersicht verschafft, so muss nun unbedingt eine Behandlung mittelst chemischer Reagentien folgen, weil man nur hierdurch über die verschiedenen Arten, das Fortschreiten und die Gleichartigkeit oder Ungleichartigkeit der Metamorphose ein klares Bild gewinnt und mit Sicherheit erfährt, in welcher Beziehung die eigentliche, immer nur in geringer Mächtigkeit entwickelte, niemals sehr bedeutend verdickte Cuticula zu der primären Zellstoffhülle steht. Gerade hierfür aber dürfen nur die zartesten Schnitte oder die dünnsten Stellen nicht ganz gleichmässiger Schnitte (die natürlich immer schwer zu erhalten sind und deren man auch gar nicht unbedingt bedarf) verwendet werden, weil sonst leicht dem wahren Sachverhalt nicht völlig entsprechende Ansichten zu Tage kommen.

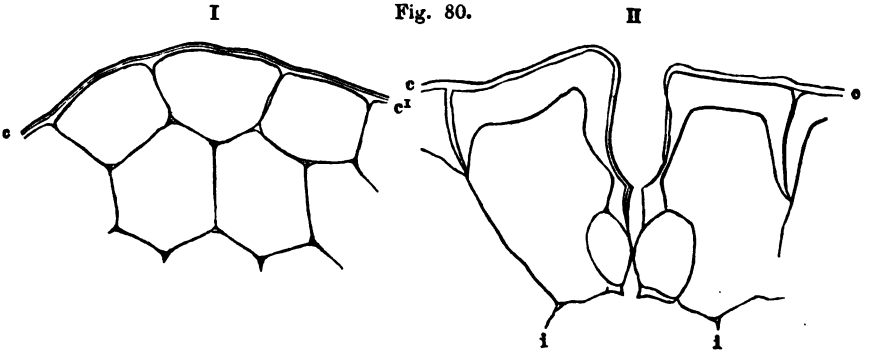
Zunächst wird man das Verhalten gegen Chlorzinkjodlösung oder gegen Jod und Schwefelsäure und zwar bei kurzer sowohl als bei längerer, bis 1 oder 2 Tage währender Dauer der Einwirkung zu studiren haben. Dann lässt man concentrirte Schwefelsäure einwirken, worauf in der Regel die vorher nicht erkennbare oder undeutliche Schichtung deutlich hervortritt. Aetzkali wirkt kalt in ähnlicher Weise und bringt durch ein ziemlich starkes Aufquellen die verschiedenen Partieen der Cuticularschichten zur Anschauung. Kocht man Querschnitte kürzere oder längere Zeit (1 bis 5 Minuten) in dem letztgenannten Reagens, so wird zuerst die eigentliche Cuticula, dann von Aussen nach Innen vordringend die Intercellularsubstanz gelöst und die Oberhautzellen trennen sich (Fig. XXXIV., II. u. Fig. XXXV., I., II. u. III.). In den Cuticularschichten wird der Korkstoff gleichfalls mehr oder weniger vollständig gelöst.

Digitized by Google

Die so vorbereiteten Präparate mit Chlorzinkjodlösung oder mit Jod und Schwefelsäure behandelt geben dann oft erwünschten Aufschluss darüber, bis zu welchem Grade die Verkorkung in den einzelnen Schichtenpartieen, oder in der primären und secundären Zellstoffhülle vorgeschritten war, indem hiernach der Widerstand, welcher der Einwirkung des Aetzkalis geleistet wird, verschieden ist (Fig. XXXIV., III. und XXXV., IV.).

Die Darstellung der Cuticula für sich, d. h. getrennt von den Verdickungsschichten und etwa im Zusammenhang mit der Intercellularsubstanz, gelingt nur bei denjenigen Pflanzen in genügender Weise, deren secundäre Verdickungsschichten keine Verkorkung erlitten haben. Ein vorzügliches Material für derartige Präparate liefern die Blätter der Lebermoose, bei denen, da sie nur aus einer Zellenschicht bestehen, von einer Oberhaut allerdings nicht die Rede sein kann, deren Randzellen sich aber ähnlich verhalten, wie die Oberhautzellen der höheren Gewächse. Vorsichtige Anwendung von concentrirter Schwefelsäure führt hier oft schon zum Ziele, indem die Zellstoffschichten sämmtlich aufgelöst werden, während die Cuticula im Zusammenhange mit der Intercellularsubstanz als höchst zartes Netzwerk zurückbleibt (Fig. 80, I.). Bei denjeni-

Fig. 80.



I. Cuticula und Netzwerk der Intercellularsubstanz von Plachiogila asplenoides. II. Querschnitt durch eine Spaltöffnung von Gasteria verrucosa nach der Behandlung mit dem Schultz'schen Macerationsgemische und concentrirter Schwefelsäure. *c* Cuticula, *c*¹ Cuticularschichten, *ii* Intercellularsubstanz. Vergr. 1 : 600.

gen Pflanzen, wo die Zellstoffhüllen der Oberhautzellen zwar alle oder theilweise verholzen, aber nicht alle vollständig verkorken (Monokotyledonen, Cycadeen, Farn), da lässt man der Anwendung der Schwefelsäure die Behandlung mit dem Schulz'schen Mazerationsgemisch vorhergehen, indem man die betreffenden Präparate kurze Zeit damit erwärmt, so dass noch kein Zerfallen des Gewebes eintritt. Man erhält dann Präparate, in denen die Cuticula allein oder diese und die völlig cuticularisirten Zellhüllschichten zurückgeblieben sind (Cycas, Gasteria etc., Fig. 80, II.). Den richtigen Zeitpunkt zu treffen, in welchem man diese Operation zu unterbrechen hat, ist Sache der Uebung, und es verlangt die ganze Operation die nöthige Geduld.

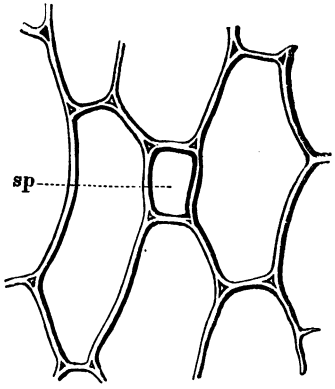
Digitized by Google

Entstehung der Cuticula und Cuticularschichten. — Die Entwickelung der Cuticula, über die wir schon weiter oben gesprochen, lässt sich am besten bei den Blättern der Lebermoose, und zwar der beblätterten Jungermanieen studiren. In den jüngeren Theilen zunächst der Basis der in der Entwickelung begriffenen Blättchen erscheint die Cuticula als ein zartes, wasserhelles Häutchen, welches nach der Anwendung von Chlorzinkjodlösung durchaus keine Reaction auf Zellstoff zeigt, während die innerhalb gelegene Zellstoffhülle sich blau färbt. Weiter nach der Spitze hin, also in den älteren Theilen, reagirt das äussere Häutchen dagegen mit brauner Farbe, hat also die Cuticularmetamorphose schon erlitten. Ganz ähnliche Entwickelungszustände kann man an den jungen Blättern der Zwiebelgewächse und anderer Liliaceen (Allium, Iris, Hiacynthus, Veltheimia etc.) beobachten (siehe Fig. XXXVI. nebst Erklärung), und hat man dabei von den allerjüngsten noch in der Zwiebel eingeschlossenen Blättchen auszugehen. Schwieriger als bei den genannten Pflanzen ist die Entwickelungsgeschichte der Cuticula bei den übrigen Gewächsen zu studiren, weil die Umwandlung der äussersten und ersten Hüllschicht schon sehr früh eintritt. Dagegen eignen sich dieselben vortrefflich für das Studium des Cuticularisirungsprocesses, den man mit Geduld und Aufmerksamkeit häufig Schritt um Schritt verfolgen kann.

Spaltöffnungen.

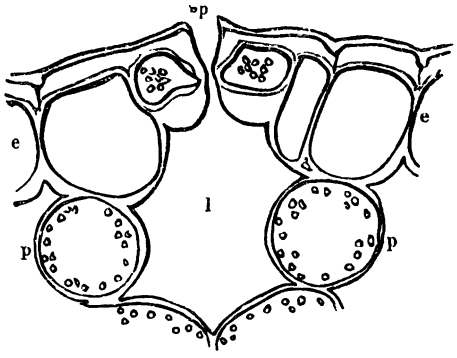
Die Spaltöffnungen der höheren Gewächse, welche nur bei den an der Luft wachsenden Pflanzen und nur auf den Blättern oder auf der grünen Rinde des Stengels vorkommen, liegen in oder unter einer Lücke der Oberhautzellen (Fig. 81, *sp*), welche in verschiedenen Pflanzen eine verschiedene Form annimmt, in der Regel aber vier-

Fig. 81.



Kleines Stück eines Flächenschnittes durch die Oberhaut von Arthropodium cirrhatum, bei dem die Spaltöffnungszellen und die untere Hälfte der Oberhautzellen weggeschnitten war. *sp* Lücke unter der die Spaltöffnung liegt. Vergr. 1 : 370.

Fig. 82.



Querschnitt durch eine Spaltöffnung von Helleborus viridis. *sp* Spaltöffnungszellen, *e* Epidermis, *l* Luftlücke, *p* Blattrinde.

Digitized by Google

seitig (Iris Geodiolus, Allium etc.) oder rundlich (Pteris, Fuchsia, Fagus, Cycas etc.) ist. Sie werden von zwei meist halbmondförmigen, mit von Chlorophyll überzogenem Stärkemehl erfüllten Zellen, den sogenannten Schliess- oder Porenzellen, gebildet (Fig. 82 und 83, I. — III.), welche eine Oeffnung zwischen sich lassen, die in eine mehr oder minder grosse Luftlücke (die Athmenhöhle) des Stengel- oder Blattrindenparenchyms mündet. Bei den niederen Gewächsen (Marchantia, Fegatella) fehlen die beiden Schliess- oder Porenzellen, und die Spaltöffnung stellt eine blosse Lücke in der Oberhaut dar, welche sich in einer Luftlücke des unter ihr liegenden Parenchyms öffnet.

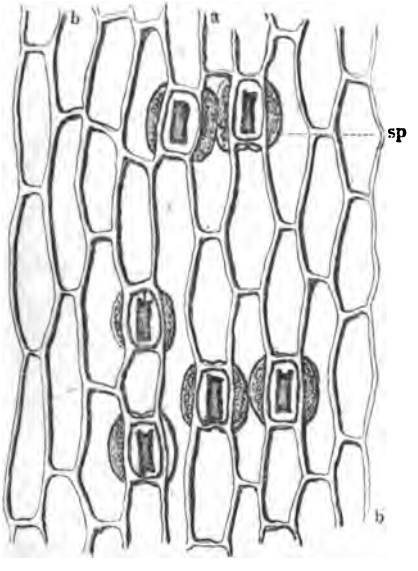
Man hat bei den Spaltöffnungen der Blattorgane vorzugsweise auf ihre Stellung, auf ihre Vertheilung über die Epidermis und endlich auf ihre Lage zu den übrigen Oberhautzellen zu achten.

Stellung. Diese kann sich auf Ober- und Unterseite erstrecken, ist in den meisten Fällen aber auf die Unterseite der Luftblätter oder auf die Oberseite der schwimmenden Blätter beschränkt.

Vertheilung über die Epidermis. — In dieser Beziehung beobachtet man vorzugsweise folgende Verschiedenheiten: 1. Es stehen die Spaltöffnungen in Reihen (Abies, Pinus, Phormium tenax, Fig. 83, I.),

Fig. 83.

I

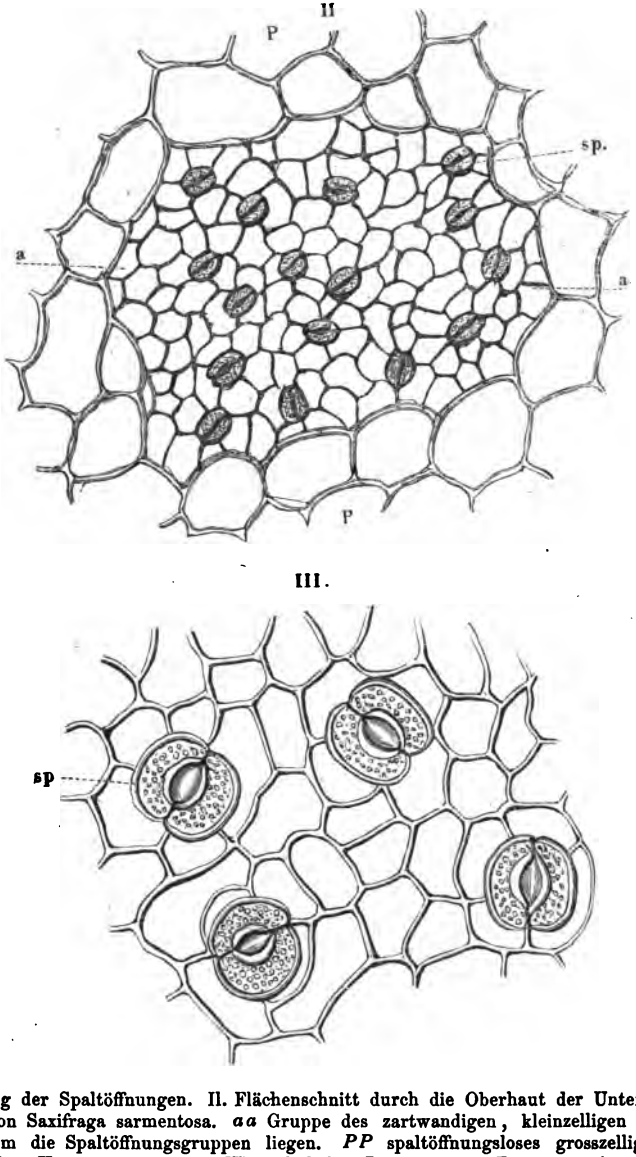


Anordnung der Spaltöffnungen. I. Flächenschnitt durch die Oberhaut der Unterseite des Blattes von Phormium tenax. *aa* die Spaltöffnungen führenden, *bb* die spaltöffnungsfreien Zellenreihen. Vergr. 1 : 370.

Digitized by Google

2. in mehr oder minder regelmässigen Gruppen (Nerium, Saxifraya sarmentosa, Begonia etc., Fig. 83, II.), oder 3. unregelmässig über die Fläche zerstreut (Fig. 83, III.).

Fig. 83.

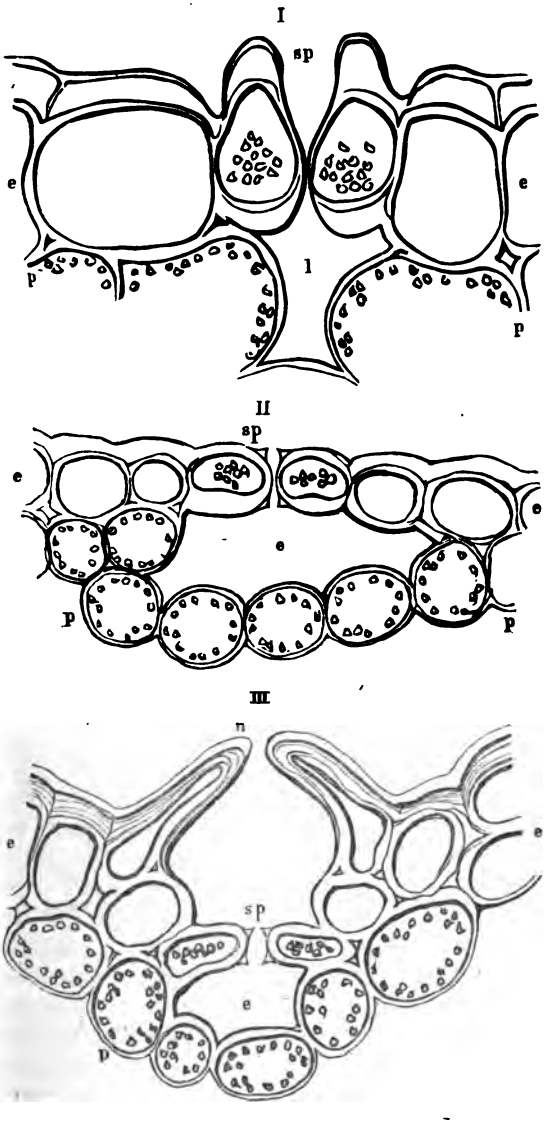


Anordnung der Spaltöffnungen. II. Flächenschnitt durch die Oberhaut der Unterseite des Blattes von Saxifraga sarmentosa. *aa* Gruppe des zartwandigen, kleinzelligen Gewebes, in welchem die Spaltöffnungsgruppen liegen. *PP* spaltöffnungsloses grosszelliges Oberhautgewebe. Vergr. 1 : 180. — III. Aehnliches Präparat von Evonymus japonicus von der unteren Seite gesehen. Vergr. 1 : 370. *sp* die Spaltöffnungen.

Digitized by Google

Lage der Spaltöffnungen. — Auch in dieser Beziehung treten bei Gewächsen verschiedener Familien oder Gattungen mannigfache Verschiedenheiten hervor. Ueber die Oberhautzellen hervorragend, trifft

Fig. 84.

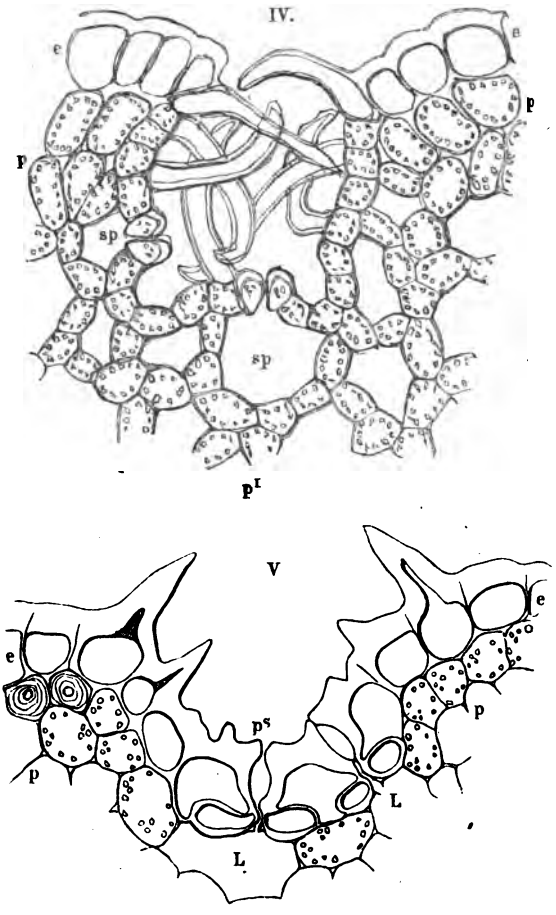


Lage der Spaltöffnungen. I. Querschnitt durch die Oberhaut der Unterseite des Blattes von Pleurothallus sp. *sp* Spaltöffnung, *e* Epidermiszellen, *p* Blattparenchym, Luftlücke. — II. Querschnitt wie oben, von Polypodium vulgare. — III. Aehnliches Präparat von Cycas revoluta. *w* wellartige Erhebung der Oberhaut. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

man die Spaltöffnungen bei den Blättern von einzelnen Arten aus der Familie der Proteaceen, der tropischen Orchideen, von Crinum capense u. s. w. Fig. 84, I. Mit den Epidermiszellen in gleicher Linie stehend erscheinen sie bei den Farnkräutern, bei Tradescantia, Fuchsia und bei den meisten Pflanzen mit zarter Oberhaut (Fig. 84, II. u. 82, S. 176). Den Oberhautzellen mit schief gestellten Wandungen anliegend, daher mehr oder minder unter die Ebene der Epidermis hinabgerückt, treten die Spaltöffnungen bei Viscum, Iris, Allium, Gladiolus, Aloe, Gasteria, Aspaagus etc. (Fig. XXXIV. u. XXXV.) hervor, während sie bei Cycas, Urostigma elasti-

Fig. 84.



Lage der Spaltöffnungen. IV. Querschnitt durch die Unterseite der Oberhaut von Nerium Oleander mit in den von Haaren ausgekleideten Grube liegenden Spaltöffnungen. *p'* schwammförmiges Parenchym unterhalb der letzteren. — V. Gleiches Präparat aus dem Blatte von Dasilyrion spec. Die Bezeichnung aller Figuren wie bei I. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

carum, Hakea etc. noch tiefer, gleichsam unter der Oberhaut versteckt liegen (Fig. 84, III.). In letzteren Fällen erheben sich häufig die die Oberhautlücke bildenden, stark verdickten Epidermiszellen mehr oder weniger, so dass diese wie von einem Walle umgeben werden. Zu mehreren, in eigenthümliche, mit Haaren oder stachelartigen Fortsätzen der Oberhautzellen, ausgekleideten Gruben versenkt, begegnet man den Spaltöffnungen bei Nerium, Banksia, Dasylirion (Fig. 84, IV. u. V.).

Die Schliesszellen der Spaltöffnungen verholzen nicht, dagegen setzt sich die Cuticula, welche die Oberhautzellen bekleidet, auch über deren freie Seiten fort, wovon man sich durch die Behandlung des Querschnittes mittelst der entsprechenden Reagentien leicht überzeugt. Die ersteren färben sich nämlich schon nach der Anwendung von Chlorzinkjod oder Jod und Schwefelsäure durch alle Schichten violett oder blau, während die Cuticula eine höchst zarte, gelbe oder braune Schicht bildet, welche die freie Aussenseite der beiden Zellen überzieht.

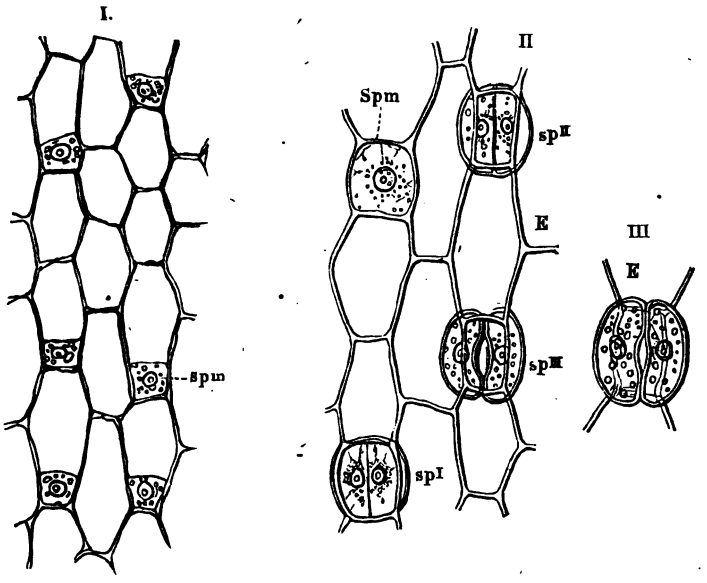
Zur Untersuchung der Spaltöffnungen und der dabei in Betracht kommenden Verhältnisse bedarf es zarter Quer-, Längs- und Flächenschnitte. Die letzteren, welche man leicht durch das Abziehen der Epidermis oder durch einen zarten Flächenschnitt gewinnt, lässt man zur allgemeinen Orientirung und zur Bestimmung der Richtung, in welcher der Querschnitt zu führen ist, vorausgehen. Der letztere wird in der erforderlichen Zartheit erlangt, wenn man das ganze Blatt oder, bei dickeren Blättern, die abgezogene Oberhaut zwischen Hollundermark oder Kork einklemmt.

Entstehung der Spaltöffnungen. — Die Entstehung der Spaltöffnungen verfolgt man am leichtesten bei den Monokotyledonen, namentlich bei den Zwiebelgewächsen (Allium, Iris, Glodiolus, Hyacinthus etc.) und ähnlichen Pflanzengruppen, bei denen die Blattanlagen und unteren Blatttheile lange in den Blattscheiden eingeschlossen bleiben (Arthropodium etc.). Man geht dabei von den jüngsten noch in den Zwiebel- oder Blattscheiden steckenden, ungefärbten Blatttheilen oder von ganz jungen Blattanlagen aus und steigt dann bei ersteren weiter nach der Spitze hinauf oder geht bei letzteren nach und nach zu den nächst älteren Blättchen über. Zarte Flächenschnitte oder abgezogene Theile der Oberhaut gewähren hier für einzelne Verhältnisse, so z. B. für das Hervorgehen der Mutterzellen aus gewöhnlichen Oberhautzellen durch meist ungleichwerthige Zweitheilung dieser (Fig. 85, I.), für die Entstehung der Schliesszellen (Fig. 85, II. *a* bis *c*, a. f. S.) durch Theilung, der Mutterzellen in bestimmter oder variirender Richtung und für deren allmälige Ausbildung, ganz passende, leicht zu behandelnde und völlig ausreichende Präparate. Dagegen reichen diese keineswegs aus, um alle Fragen, namentlich auch die zu erledigen, ob die Spaltöffnungszellen aus Zellen der Oberhaut, oder aus der unter dieser liegenden Parenchymschicht angehörigen Zellen hervorgehen. Hierzu bedarf es reiner, nicht gequetschter,

Digitized by Google

wenn auch nicht gerade äusserst feiner Querschnitte durch die oben genannten Pflanzentheile, deren Anfertigung allerdings nicht geringe Schwierigkeiten bietet. Ein äusserst scharfes Messer mit dünner, hohlgeschliffener Klinge, sowie rasche aber sichere Führung des Schnittes lassen indessen sicher zum Ziele gelangen. Wenigstens wird man unter einer grösseren Anzahl immer einzelne Schnitte oder kleinere oder grössere Partieen eines oder des anderen Schnittes finden, welche die erforderlichen Eigenschaften besitzen. Ohne grosse Schwierigkeit wird man

Fig. 85.



I. bis III. Flächenschnitte aus der Oberhaut von Arthropodium cirrhatum. I. *spm* eben entstandene Mutterzellen der Spaltöffnungen. — II. Verschiedene Entwickelungszustände der Spaltöffnungen, *spm* fertige Mutterzelle, spm^{I} bis spm^{III} aufeinanderfolgende Theilungszustände. — III. Fertige Spaltöffnung von unten gesehen.

sich an solchen gelungenen Schnitten überzeugen, wie die beiden Porenzellen aus einer einzigen, fast viereckigen bis rundlichen, in der Epidermis gelegenen Zelle durch Theilung hervorgehen und wie die Lücke der Oberhaut bei den vertieft gelegenen Spaltöffnungen einer Senkung der Schliesszellen, oder einer Erhebung entweder der ganzen Oberhautzellen oder ihres oberen Theiles über die letzteren ihr Entstehen verdankt (Fig. 86, I. bis IV.). Die beiden Porenzellen liegen anfänglich mit graden Wänden aneinander (Fig. 85, II. und 86, II.). Sobald aber deren Mutterzelle resorbirt wird, was schon früh geschieht, entsteht durch ein allmäliges Auseinanderweichen des mittleren Theiles ihrer Berührungsflächen eine spaltförmige Oeffnung zwischen ihnen, wodurch sie ihre eigenthümliche,

Digitized by Google

mehr oder minder ausgesprochene halbmondförmige Gestalt erhalten (Fig. 85, II. sp^{m} bis III. sammt der Erklärung).

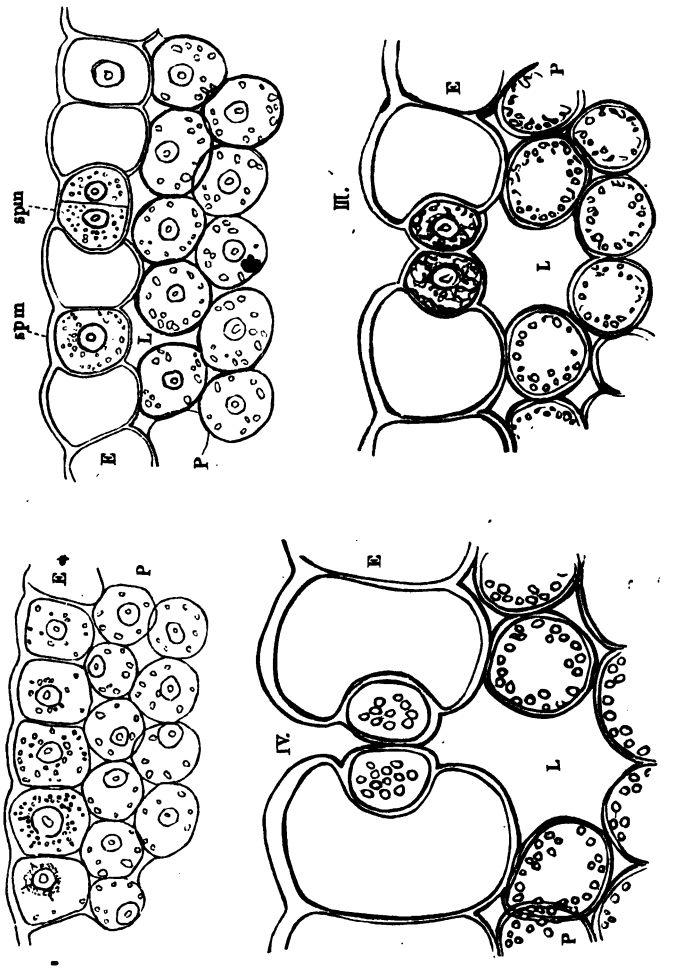


Fig. 86. Querschnitt durch die Unterseite des Blattes von Arthropodium cirrhatum. I. Ganz junge Blattanlage. — II. Aelteres Blättchen, in welchem die Mutterzellen der Spaltöffnungszellen *spm* schon differenzirt und theilweise in Theilung begriffen waren. — III. Aelterer Zustand mit beginnender Einsenkung der Spaltöffnung. — IV. Fertige Spaltöffnung. Vergr. 1 : 370.

Nebenorgane der Oberhaut.

Mit der Untersuchung des Oberhautgewebes ist zunächst noch die Untersuchung ihrer sogenannten Neben- oder Anhangsorgane zu verbinden. Diese nehmen ihren Ursprung sämmtlich unmittelbar in der Oberhaut, und bilden entweder nur nach auswärts gehende Verlängerungen

Digitized by Google

einzelner Oberhautzellen, wie die Papillen und die einzelligen Haare, oder sie gehen aus letzteren durch Neubildung der sie constituirenden Zellen, d. h. durch wiederholte Zelltheilungen hervor, wie die mehrzelligen Haare, die Drüsenhaare, Schuppen und Stacheln.

Nur bei einzelnen Begonien (z. B. Begonia Saudersonii der Gärtner), habe ich scheinbar der Oberhaut angehörige mit einem dunkelbraunrothen Safte erfüllte, geknöpfte Haare gefunden, welche ihren Ursprung in dem Blattgrün führenden Markgewebe des Blattes nehmen und von hieraus durch die mit farblosem, wässerigem Inhalte erfüllten Zellschichten hindurchwachsen.

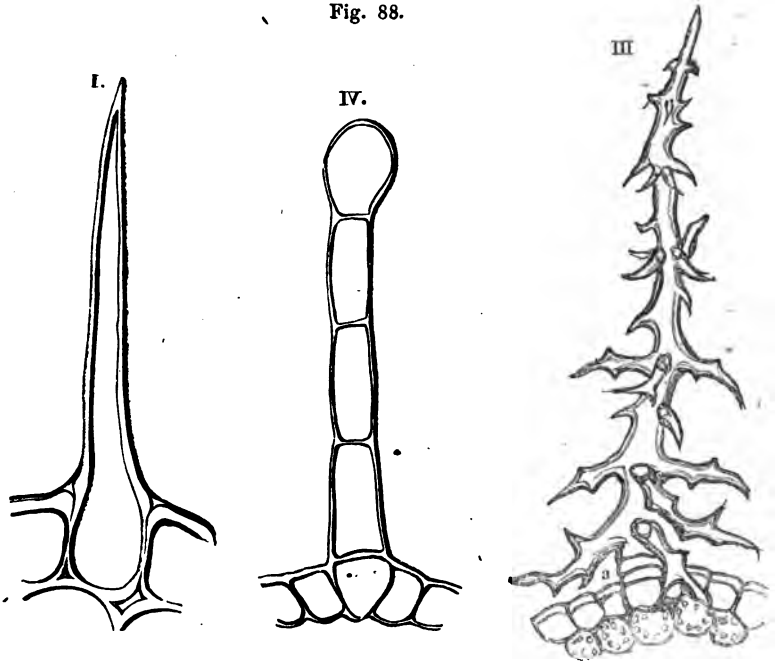
Fig. 87.

Papille aus der jugendlichen Narbe von Lilium bubiferum. Vergr. 1 : 660.

Im jugendlichen Alter zeigen die Zellen dieser Organe, namentlich aber der Papillen, Haare und Brennhaare, eine lebhafte Binnenströmung des Protoplasmas, welche jedoch erlischt, sobald der betreffende Theil der Oberhaut seine Lebensfähigkeit verloren hat.

Die Papillen sind einfache der Oberhaut angehörige Zellen, welche

Fig. 88.



Verschiedene Haarformen. I. Einfaches Haar des Blattes von Pelargonium. — III. Vielfach verzweigtes Haar der Alternanthera brasiliensis von zartwandigen Stielzellen getragen. — IV. Zusammengesetztes geknöpftes Haar des Stengels von Geranium pratense. Vergr. von I., III. u. IV. 1 : 250.

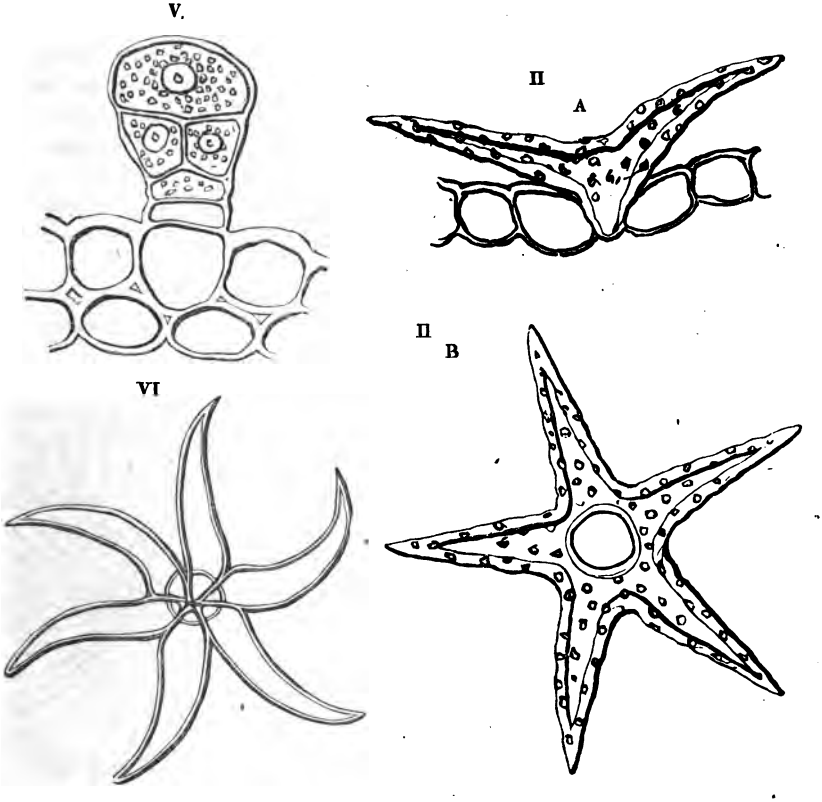
Digitized by Google

sich nur wenig über letztere erheben (Fig. 87). Man findet dieselben vorzugsweise auf den sammtartigen Glanz zeigenden Blumenblättern, dann auf den Epithelien der Narbe und des Staubwegcanales.

Die Haare (Fig. 88) erheben sich weit bedeutender über die Fläche der Oberhaut. Sie werden theils als einfache Haare (Fig. 88, I. u. II.) von einer einzigen Zelle der Oberhaut gebildet, die entweder unverästelt bleibt und dabei verschiedene Formen annehmen kann oder sich verschiedentlich verzweigt, so dass die verästelten und sternförmigen Haare (Fig. 88, II. u. III.) entstehen, theils bestehen sie aus ein- oder mehrfachen Zellenreihen und bilden die zusammengesetzten Haare, welche entweder einfache Zellenreihen (Fig. 88, IV.) oder sternförmig, oder anderartig geordnete Zellengruppen, Zellencylinder u. s. w. (Fig. 88, V. u. VI.) vorstellen.

Erstere sowohl wie letztere können an ihrer Spitze eine kugelige

Fig. 88.



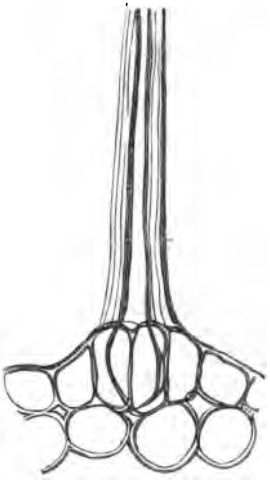
Verschiedene Haarformen. II. Sternhaar der Deutzia scabra, *A* im Querschnitt, *B* von oben gesehen. — V. Zusammengesetztes Haar (Drüsenhaar) des Blattstieles von Lamium purpureum. — VI. Zusammengesetztes sternförmiges Haar des Blattes von Malva moschata. Vergr. von II. u. VI. 1 : 250; von V. 1 : 370.

Digitized by Google

meist mit einem eigenthümlichen gefärbten Inhalte erfüllte Zelle oder einen ähnlich gestellten Zellencomplex tragen, wodurch sie zu den geknöpften Haaren oder sogenannten Drüsenhaaren werden (Fig. 88, V.). (Viele Labiaten, Solaneen, Chenopodiaceen etc.)

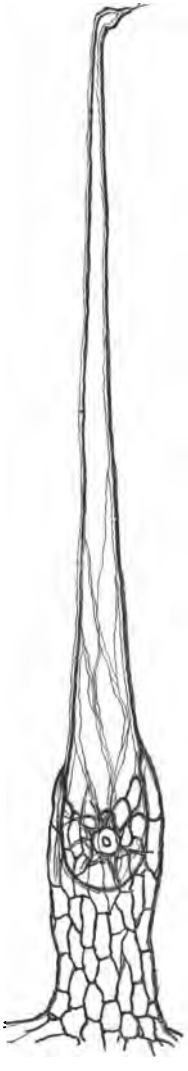
Die Borsten unterscheiden sich von den einfachen Haaren nur dadurch, dass ihre Zellstoffhülle stärker, oft eigenthümlich warzig verdickt und verholzt, hier und da auch geschichtet erscheint (Borrago, Echium, Onosma etc.), während in der Regel die Oberhaut sich an deren Grunde etwas erhebt und denselben wallartig umgiebt (Fig. 89).

Fig. 89.



Unterer Theil einer Borste des Blattes von Onosma echioides. Vergr. 1 : 250.

Fig. 90.

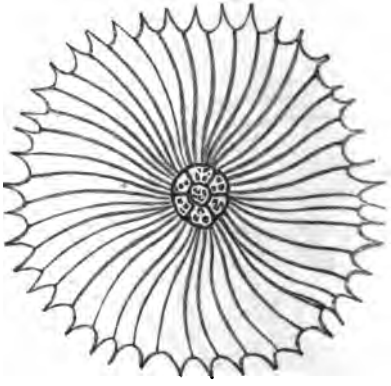


Brennhaar von Urtica dioica. Vergr. 1 : 75.

Aehnliche Verhältnisse zeigen sich bei den Brennhaaren der Urticeen, Loaseen etc. Hier ist die meist säulenförmige Erhebung immer bedeutender, als dort und umschliesst den kugeligen, zartwandigen Basaltheil des Haares, dessen hervorragender Theil stärker verdickt und dessen Spitze mit einem eine Stachelspitze tragenden Knöpfchen versehen ist (Fig. 90).

Die Schuppen (Fig. 91) bilden in horizontaler Fläche aus-

Fig. 91.



Schuppe des Blattes von Eleagnus. Vergr. 1 : 125.

Fig. 92.

Stachel des Stengels von Humulus lupulus. Vergr. 1 : 75.

Digitized by Google

gebreitete, von einer bis mehreren Stielzellen getragene Anhängsel der Oberhaut, die in der Regel (Bromeliaceen, Eleagneen) mehrzellig, hier und da aber auch einzellig sind.

Die Stacheln endlich bestehen aus einem Complexe etwas gestreckter, häufig verholzter Oberhautzellen, welcher an seiner Spitze in eine einzige, stärker verdickte, meist gekrümmte, scharf zugespitzte Zelle ausgeht (Fig. 92).

II. Ungleichartige oder zusammengesetzte Gewebe.

Die ungleichartigen Gewebe beschränken sich einzig und allein auf das Gefässbündel. Sie treten daher nur bei jenen Gewächsen auf, bei denen sich bestimmte Achsenorgane unterscheiden lassen, während sie allen Lagerpflanzen abgehen.

An der Zusammensetzung des Gefassbündels nehmen, wenn es vollständig ausgebildet ist, alle drei in dem vorhergehenden Abschnitte beschriebenen Zellenarten Theil. Es müssen diese jedoch nicht immer sämmtlich vertreten erscheinen. Bei den Moosen z. B., wo das Gefässbündel zuerst und in seiner grössten Einfachheit auftritt, besteht dasselbe nur aus einem Ringe von gestreckten, den Bastgefässzellen analogen, protoplasmatischen Inhalt führenden Zellen.

Die sämmtlichen Elemente des Gefässbündels treten in ihrer Vollzahl und in um so mehr erkennbarer und scharf unterscheidbarer Weise auf, je höher wir in der Gewächsreihe aufsteigen, obgleich auch hier in einzelnen, dann besonders zu beachtenden Fällen ein oder das andere Element fehlen kann.

Das Gefässbündel geht ebenso wie alle übrigen Gewebe aus dem Urgewebe des Vegetationskegels hervor. Auf seiner ersten Entwickelungsstufe besteht es nur aus einer einzigen Zellenart, aus Cambiumzellen, welche in ihrer Gestalt dem langgestreckten Parenchym mehr oder minder ähneln. Erst im weiteren Entwickelungsgange beginnen und vollenden diese gleichartigen Elementartheile ihre verschiedenartige Aus- und Umbildung zu den in dem früheren Abschnitte näher charakterisirten Zellenarten, und es treten jene Unterschiede in den Gefässbündeln der grösseren Pflanzenabtheilungen auf, welche deren eigenthümlichen Typus bedingen.

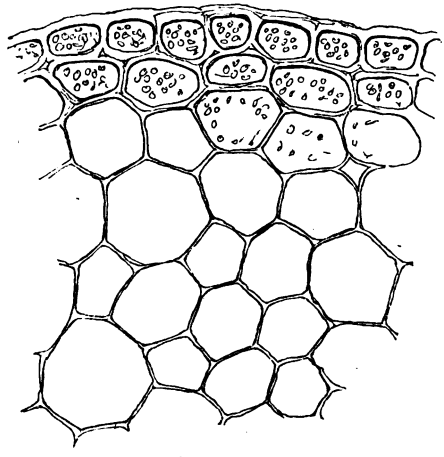
1. Das Gefässbündel der Moose.

Bei den beiden der in der Ueberschrift genannten Pflanzengruppe angehörigen Pflanzenclassen Leber- und Laubmoose tritt das — noch nicht durch alle Gattungen verbreitete — Gefässbündel in seiner allereinfachsten Gestalt auf, indem es lediglich aus langgestreckten Zellen besteht.

Digitized by Google

Unter den Lebermoosen sind es namentlich die Marchantiaceen, sowie die laubartigen Jungermannien, bei denen dasselbe in Form von langgestreckten prismatischen Zellen als centraler Strang des Mittelnerven gleichsam angedeutet erscheint. Bei den übrigen Lebermoosen, namentlich auch bei den beblätterten Jungermannien, habe ich, soweit meine Beobachtungen reichen, nirgends ein Gefässbündel oder eine bestimmte Andeutung desselben aufgefunden. Der Stengel besteht im Innern aus langgestrecktem Parenchym, das nach Aussen von wenigen Lagen stärker verdickter gleichartiger Zellen abgeschlossen wird, welche den diesen Gewächsen eigenen Rindenkörper bilden (Fig. 93).

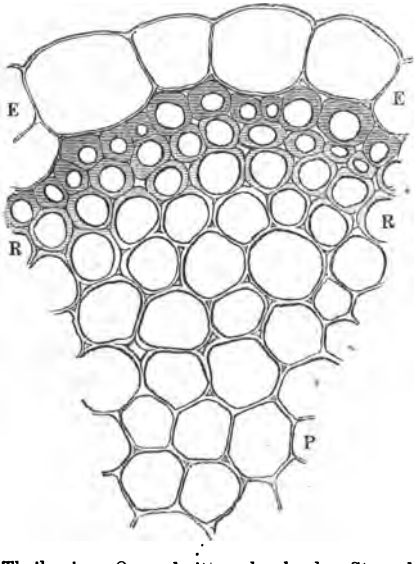
Fig. 93.



Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Plagiochila asplenioides. Vergr. 1 : 280.

Eine weit grössere Verbreitung und höhere Ausbildung zeigt das Gefässbündel in der Classe der Laubmoose, obgleich es auch hier noch nicht überall auftritt.

Fig. 94.



Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Sphagnum cymbifolium. *E* Oberhautzellen, *R* verdickte gefärbte Rindenzellen, *P* Stengelparenchym. Vergr. 1 : 320.

In der Familie der Sphagneen fehlt das Gefässbündel noch völlig. Zwar haben einige Forscher (Schleiden, Schacht, Schimper) auch hier ein Gefässbündel angenommen, allein das, was man dafür gehalten, gehört, wie ein Vergleich mit dem Baue der übrigen Moose lehrt, nicht hierher. Es findet sich nämlich dicht unter der nur hier entwickelten Aussenrinde, (Fig. 94, *E*), deren Zellen eine fast gleiche Structur zeigen wie die Spiralfaserzellen des Blattes, ein Ring von stark verdickten, parenchymatösen faserähnlichen Zellen (*R*), welchen ein centrales, zartwandiges, parenchymatöses,

Digitized by Google

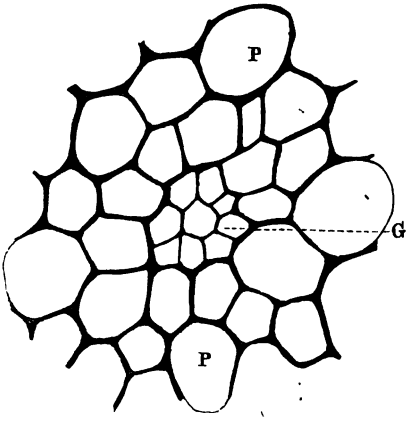
Chlorophyll, Stärke und theilweise auch Eiweisssubstanzen führendes Gewebe (*P*) einschliesst, und so zu jener Annahme verleitete. Dieser Ring, dessen Elemente im Alter luftführend erscheinen und keineswegs der Säfteleitung dienen, ist indessen keineswegs als Holzring aufzufassen, sondern er bildet einen Theil des Rindenkörpers und lässt sich füglich als Innenrinde bezeichnen.

Einen — in Bezug auf das Gefässbündel — den Sphagneen ähnlichen Bau zeigen auch einige andere Moose, welche zur Aufklärung der betrachteten Verhältnisse ein geeignetes Material bieten. Dahin gehören z. B. Fontinalis und Amblystegium. Hier fehlt das Gefässbündel ebenfalls und mit ihm die Aussenrinde der Sphagneen. Die dickwandigen parenchymatösen Zellen bilden hier allein den Rindenkörper, während der centrale Theil des Stengels von langgestreckten Parenchymzellen eingenommen wird, welche einen gleichen Inhalt führen, wie das entsprechende Gewebe von Sphagnum.

Diejenigen Moose, welche mit Bestimmtheit einen von dem übrigen Gewebe unterscheidbaren Cylinder eigenartig ausgebildeter Zellen, also ein Gefässbündel in seiner einfachsten Gestalt beobachten lassen, zeigen in Bezug auf dessen Bau wiederum einige Verschiedenheiten, welche indessen weniger wesentliche als formelle sind.

In seiner einfachsten Gestalt erscheint das Gefässbündel z. B. bei Dicranum scoparium, Climatium, Hypnum, Webera. Hier sind es nur einige wenige entweder derbwandigere oder zartwandigere, von dem Stengelparenchym keineswegs entschieden scharf getrennte Zellen, welche den centralen Zellenstrang bilden. Dieselben sind länger gestreckt als das übrige Stengelparenchym, besitzen horizontale, meist nach oben etwas convexe Querscheidewände und führen durch Jod sich gelb färbenden feinkörnigen Inhalt, so dass man sie unbedenklich für die Säfte leitenden Elemente ansprechen darf.

Fig. 95.



Mittlerer Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Climatium dendroides. *G* centrales Gefässbündel, *P* braun gefärbtes Stengelparenchym. Vergr. 1 : 400.

Bei Bryum nimmt dieser Gefässbündelstrang einen weit bedeutenderen Theil des Stengels in Anspruch und ist weit schärfer abgegrenzt, besteht aber immer noch aus einer einzigen Zellenart, die sich durch zarte Wandungen von den umgebenden Gewebezellen unterscheidet.

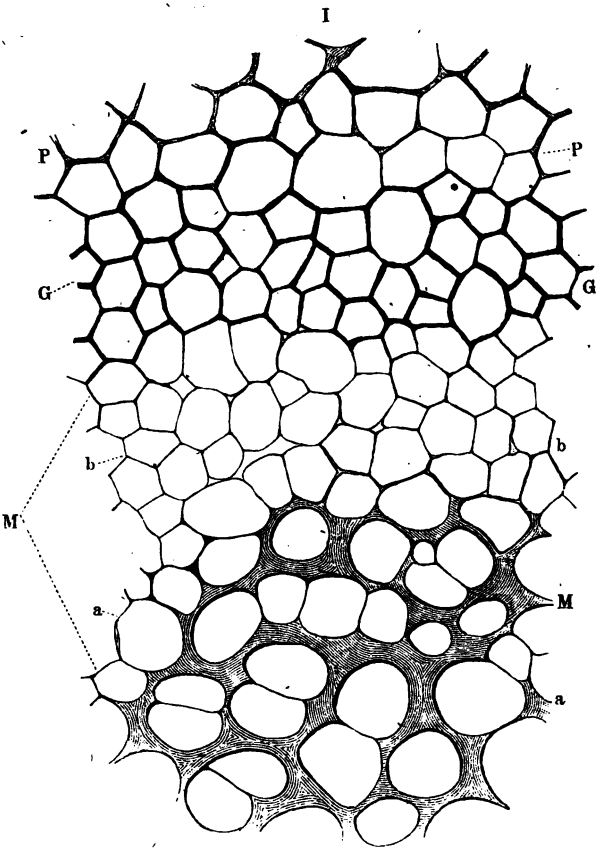
Einen etwas zusammengesetzteren Bau als bei den vorher-

Digitized by Google

gehenden Moosen habe ich bei den verschiedenen Mnium- und Polytrichum-Arten gefunden.

Bei den ersteren besteht das — wie bei der vorigen Gruppe noch centrale — Gefässbündel aus zwei verschiedenen Elementen, die sich auf dem Querschnitte schon durch die Beschaffenheit der Zellhüllen unterscheiden. Die Mitte desselben wird von einem polygonalen zartwandigen Gewebe eingenommen, während der Umfang aus einem Ringe etwas derbwandigerer gelblich oder röthlichgelb gefärbter Zellen besteht. Beobachtet man im Längsschnitt, so erscheinen beide Zellenformen weit stärker in die Länge gestreckt, als die Zellen des zwischen dem Rindenkörper und dem Gefässbündel liegenden Parenchyms. Die ersteren besitzen ähnliche Querscheidewände wie die entsprechenden Zellen der oben besprochenen

Fig. 96.



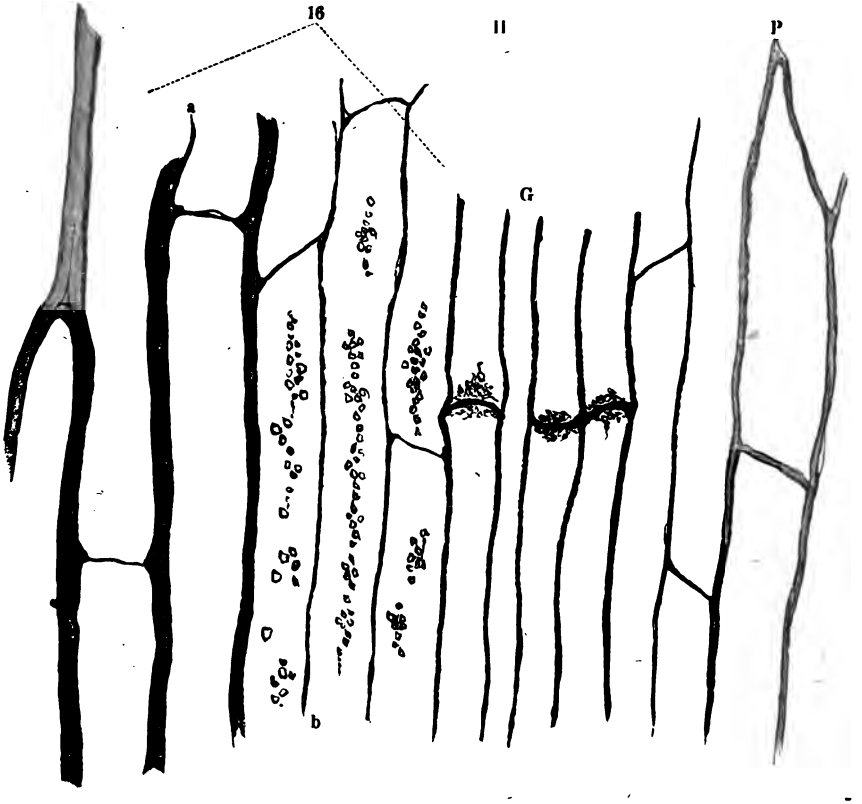
I. Querschnitt, II. Längsschnitt (a. f. S.) aus der Mitte des Stengels von Polytrichum commune. *a* unregelmässig verdickte, *b* dünnwandige Zellen des Markes *M*. *G* gestreckte dünnwandige Zellen des Gefässbündels. *P* Stengelparenchym. Vergr. 1 : 360.

Digitized by Google

Moose, die letzten dagegen haben stark geneigte Querscheidewände und nähern sich mehr oder minder der Faserform. Nach Aussen wird das Gefässbündel zunächst von einem Hohlcylinder von dunkel gefärbten Parenchymzellen umgeben, nach denen erst das gewöhnliche gestreckte Parenchym folgt. Es tritt sonach schon hier ein Analogon der Gefässbündelscheide der höheren Kryptogamen auf.

Die Polytrichumarten haben im Centrum einen Cylinder von inneren, weiten, all- oder einseitig ziemlich stark verdickten, röthlichgelb gefärbten und von äusseren dünnwandigen, grössere oder kleinere Intercellularräume zwischen sich lassenden Zellen (Fig. 96, *a* und *b*). Diesen inneren Strang umgibt ein je nach den verschiedenen Arten verschieden breiter geschlossener Ring eines regelmässigen, zartwandigen, hellgelblich

Fig. 96.



gefärbten Gewebes (Fig. 96, *G*), der seinerseits wieder von einem ein bis zwei Reihen breiten Ring meist schwarzbraun gefärbter dünnwandiger Zellen umgeben wird, in dem wir die Gefässbündelscheide vor uns haben.

Der centrale Cylinder giebt sich im Längsschnitt als ein Bündel von

Digitized by Google

sehr in die Länge gestreckten, mit horizontalen oder schiefen, im ersten Falle dünnwandigen, im anderen Falle verdickten Querwänden zusammenstossenden, also faserähnlichen Zellen zu erkennen und wird von einem Ringe zartwandigen Parenchyms umgeben (Fig. 96, II. *M*). Der hierauf folgende Hohlcylinder erscheint aus noch stärker in die Länge gestreckten, Eiweisssubstanzen als Inhalt führenden Zellen zusammengesetzt, deren horizontale Querwände etwas nach oben gewölbt sind (Fig. 96, II. *G*). Es erscheint dieser Theil des Gefässbündels somit als der die Säfteleitung vermittelnde, der innere aber als Mark.

Zur Untersuchung des Gefässbündels der Moose bedarf man zarter Quer- und Längsschnitte. Die ersteren fertigt man an, indem man einzelne Stengel, oder, bei sehr dünnstengeligen Moosen, ein mittelst dicker Gummilösung hergestelltes Stengelbündelchen zwischen Hollundermark klemmt und dann die Schnitte durch dieses und das Object zugleich führt. Gute Längsschnitte lassen sich am leichtesten in der Weise herstellen, dass man einen Stengel zwischen Kork klemmt, den hervorragenden Theil auf diesen niederstreckt und mit dem Zeigefinger der linken Hand in dieser Lage möglichst straff anzieht. Neben diesen Schnitten versäume man aber auch die Beobachtung von mittelst Kalilauge hergestellten Macerationspräparaten nicht, weil man durch diese einen genauen Einblick in die Zellenformen erhält.

Schleiden: Grundzüge, 3. Aufl. Bd. II., Seite 79.

Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Bd. I., Seite 314; Bd. II., Seite 34 u. f.

W. Schimper: Versuch einer Entwickelungsgeschichte der Torfmoose.

Unger: Ueber den anatomischen Bau des Moosstammes in: Sitzungsbericht der K. K. Akademie der Wissenschaften. Bd. 43, Seite 497.

Zukal: Beitrag zur Kenntniss der Anatomie der Sphagneen. Botanische Zeitung, 1863, Seite 353.

Lorentz: Moosstudien, 1864. I. Bau und Entwickelungsgeschichte der Laubmoose.

2. Das Gefässbündel der höheren Kryptogamen.

Das Gefässbündel der höheren Kryptogamen besteht im ausgebildeten Zustande zum grössten Theile aus Röhren- und langgestreckten Parenchymzellen. Es fehlen demselben indessen die Faserzellen nicht gänzlich, wenn sie auch häufig einen verhältnissmässig nur geringen Antheil an seiner Zusammensetzung nehmen und erst nach sorgfältigster Untersuchung darin aufzufinden sind.

Das Gemeinsame des Gefässbündels sämmtlicher hierher gehörigen Pflanzenclassen besteht darin, dass die volle Ausbildung aller an der Zusammensetzung Theil nehmender Elemente in kurzer Zeit erreicht wird, eine Nachbildung der letzteren dann nicht mehr erfolgt und dass die Entwickelungsfolge sich von einem oder mehreren in dem Cambiumstrange nahezu peripherisch gelegenen Punkten aus entweder nach der

Digitized by Google

Innenseite hin, oder nach mehreren von dem Entwickelungscentrum ausstrahlenden Richtungen hin vollzieht. (Vergl. die Figuren 102 bis 104.)

Auch in Bezug auf die Anordnung der verschiedenen Elementarorgane macht sich eine gewisse Gemeinsamkeit geltend, indem wenigstens von den Lycopodiaceen an aufwärts die Mitte des Gefässbündels von dem Holztheile, der gesammte Umfang aber von dem Basttheile eingenommen wird.

Gefässbündel der Schachtelhalme.

Die Gefässbündel der Schachtelhalme bilden einen den grossen centralen, durch theilweise Resorption des Markes entstandenen Luftgang umgebenden Kreis und werden durch breite Schichten weiter Parenchymzellen von einander getrennt, welche sich — namentlich im Umfange der ersteren — durch dicke Wandungen auszeichnen und häufig gelb bis dunkelbraun gefärbt erscheinen.

Die nach dem Marke gewendete Seite, der Holztheil des Gefässbündels, wird zum grössten Theile von einem weiten Luftgange eingenommen, der durch Resorption eines Stranges von gestreckten, hier und da mit einzelnen Gefässen oder Gefässzellen untermischten dünnwandigen Parenchymzellen entstanden ist. In seine Höhlung ragen jederseits eines, zwei oder mehrere ring-, spiral- oder netzförmig verdickte Gefässzellen hinein (Fig. 97, *G*, a. f. S.) und der Umfang wird von ziemlich regelmässigem, derbwandigem engeren Parenchym gebildet, welches von den oben erwähnten dickwandigen Zellen umschlossen wird. Zwei andere Gruppen von Gefässzellen finden sich nach der Rindenseite hin zu beiden Seiten (G^1). Von diesen vier Gefässgruppen und dem den Luftgang umgebenden Parenchym einerseits, dem dickwandigen, die Gefässbündelscheide bildenden Parenchym andererseits eingeschlossen erscheint der aus verschiedenartigen Elementen bestehende Basttheil.

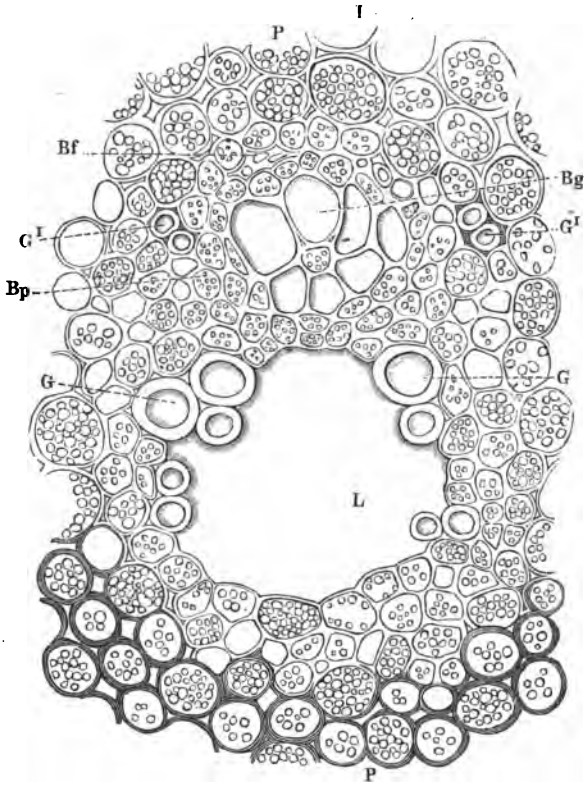
Zur Ermittelung der einzelnen das Gefässbündel zusammensetzenden Elemente und der für diese in Betracht kommenden Structurverhältnisse müssen neben dem Querschnitte radiale Längsschnitte und Macerationspräparate verwendet werden.

Der Holztheil besteht aus nur zwei Zellenformen aus den erwähnten ring-, spiral- oder netzförmig verdickten Röhrenzellen und langgestrecktem, stärkeführendem Parenchym, welches theils die Umgebung des Luftganges, theils die Verbindung zwischen den beiden äusseren und inneren Gefässzellengruppen bildet. Der Basttheil dagegen lässt schon auf dem Querschnitte drei verschiedene Zellenformen erkennen. Die Grundmasse desselben besteht in der Regel aus ziemlich regelmässigen, dünnwandigen, engen, stärkeführenden Zellen (Fig. 96, I. *Bp*). Zwischen diesen finden sich vereinzelt oder in kleinen Gruppen von zwei bis drei nebeneinander liegend Zellen von weiterem Lumen und mehr unregelmässig vieleckiger bis rundlicher Gestalt eingelagert, die entweder feinkörnigen Inhalt oder

Digitized by Google

Luft führen (Fig. 96, I. *Bg*). An der Aussenseite endlich trifft man eine ununterbrochene Reihe oder mehrere kleinere Gruppen von Zellen mit mehr oder minder engem, rundlichem Lumen und stärkerer all- oder einseitiger Wandverdickung (Fig. 96, I. *Bf*). Ein passender Längsschnitt lässt diese drei Elemente sofort auf das Klarste voneinander unterscheiden. Die regelmässig polygonalen Zellen erweisen sich als langgestrecktes

Fig. 97.



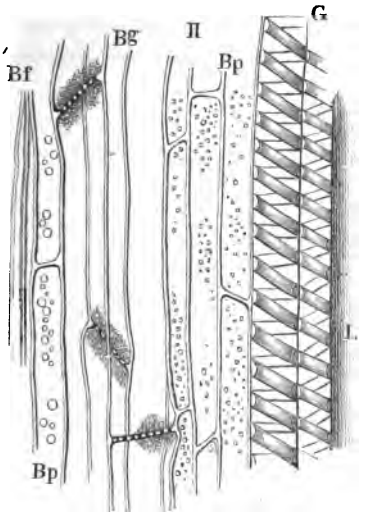
I. Querschnitt, II. Längsschnitt durch das Gewebe von Equisetum hyemale. *L* Luftgang, *G* grosse, G^I kleine Gefässzellen, *Bg* Bastgefässe (Siebröhren), *Bf* Bastfasern, *Bp* Bastparenchym, *P* stärkeführendes Stengelparenchym. Vergr. 1 : 310.

Parenchym mit horizontalen Querwänden (Fig. 97, II., *Bp*). Die weiteren, in dieses letztere eingestreuten Zellen besitzen stärker verdickte, siebförmig durchbrochene, horizontale oder wenig geneigte, nach oben etwas convexe Scheidewände, über welche in der Regel eine schleimig körnige Inhaltsmasse gelagert ist, und sind somit als die dem Baste eigenthümliche Gefässform (Siebröhren) anzusprechen (Fig. 97, II. *Bg*), während die dritte Zellenform echte Faserzellen, Bastfasern u. s. w. bildet (Fig. 97, II, *Bf*).

Digitized by Google

Etwas anders als in dem Stengel gestaltet sich die Vertheilung der Elementarorgane in dem einzigen, mittelpunktständigen, von einer Scheide tangential etwas in die Länge gezogener dickwandiger und braun gefärbter Parenchymzellen umgebenen Gefässbündel der Wurzel. Hier nehmen die hier und da mit Parenchym untermischten Gefässzellen etwa die Mitte ein und werden nach Aussen auf drei Seiten von langgestreckten engen Parenchymzellen umgeben, während die vierte Seite von dieser Zellenart und einigen durch ein weites Lumen sich kundgebenden Bastgefässen eingenommen wird.

Fig. 97.



In einzelnen Fällen findet sich statt der centralen Gefässgruppe nur ein einziges weites Gefäss, welches nach Schacht später resorbirt werden soll, so dass an dessen Stelle ein Luftgang tritt.

Gefässbündel der Lycopodiaceen.

Bei dieser Pflanzenklasse finden wir entweder nur ein einziges oder mehrere durch ein wahres Zwischengewebe getrennte Gefässbündel, welche die Mitte des Stengels einnehmen und entweder durch eine mehrschichtige Scheide dickwandiger, faserähnlicher Zellen oder durch ein schwammförmiges Gewebe von der Rinde getrennt werden. Erstere Verhältnisse sind, soweit meine Beobachtungen reichen, der Gattung Lycopodium, letztere der Gattung Selaginella eigen.

In der Zusammensetzung des Gefässbündels zeigen beide Gattungen eine fast vollständige Uebereinstimmung.

Der Holztheil besteht aus weiteren und engeren Gefässzellen, von denen die ersteren mehr nach dem Inneren auftreten und treppenförmig poröse Verdickung beobachten lassen, während die anderen auf einzelne Punkte oder grössere Strecken der Peripherie vertheilt sind und zum Theil treppenförmig porös, zum Theil, und zwar an den nach der Rindenseite gewendeten, also älteren Stellen der einzelnen Bänder, ring- und spiralförmig verdickt erscheinen. Die Gestalt des Holztheiles ist auf dem Querschnitte theils lappenartig bandförmig, theils rundlich, nahezu kreisförmig, und es erscheinen die einzelnen derart gestalteten Lappen bei Lycopodium entweder durch einzelne schmälere, aus nur engen Gefäss-

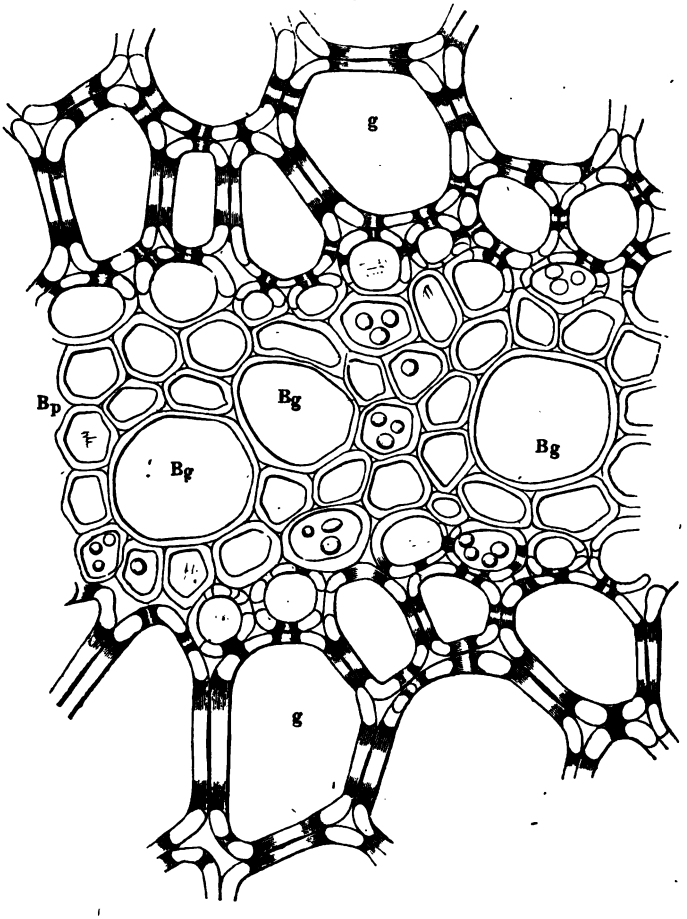
Digitized by Google

zellen bestehende Brücken miteinander verbunden, oder auch vereinzelt innerhalb des Basttheiles gestellt.

Der Basttheil nimmt die ganze Peripherie des Gefässbündels ein und zieht sich bei Lycopodium zwischen die einzelnen Lappen des Holztheiles

Fig. 98.

I.



I. Querschnitt, II. Längsschnitt durch das Gefässbündel von Lycopodium annotinum. Bezeichnung wie Fig. 5 *). Vergr. 1 : 700.

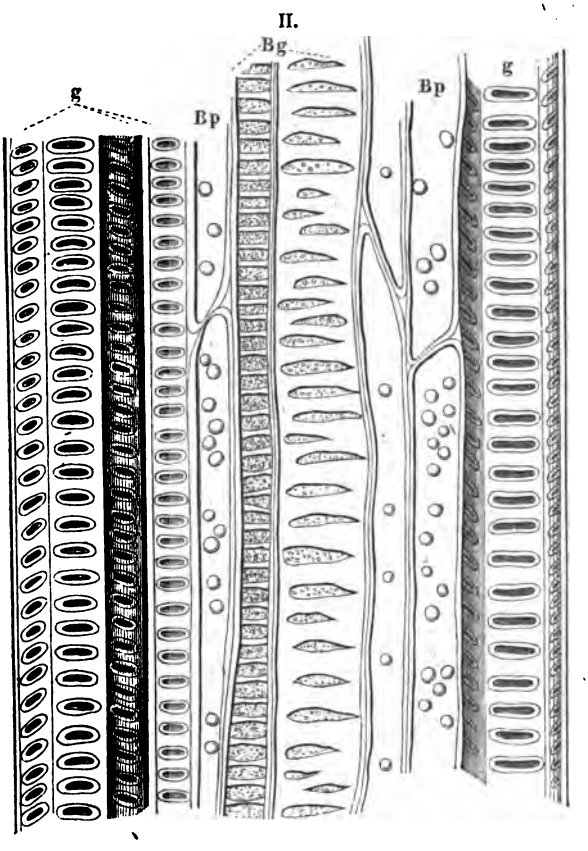
hinein, so dass bei mehrfacher Verbindung dieser nicht selten einzelne kleinere Bastgruppen inmitten der Gefässzellen auftreten. Die zusam-

*) Die Bezeichnung für die Gefässbündelelemente ist für alle folgenden Figuren gleich, es bedeutet: *G* Gefässe oder Gefässzellen, *Bg* Bastgefässe (Siebröhren), *Hf* Holzfasern, *Hp* Holzparenchym, *Bf* Bastfasern, *Bp* Bastparenchym.

Digitized by Google

mensetzenden Zellen sind dreierlei Art. Zunächst erscheint als Grundmasse ein enges, derbwandiges, langgestrecktes, Stärke führendes Parenchym, inmitten dessen die bei Lycopodium sehr weiten, bei Selaginella (arborea) weniger weiten Bastgefässe ihren Platz nehmen, und zwar ent-

Fig. 98.



weder vereinzelt und durch eine oder mehrere Reihen des Parenchyms von einander getrennt oder zu kleineren Gruppen vereinigt (Fig. 98, I. *Bg*). Die dritte Zellenform besteht aus wahren durch engeres Lumen und stärkere Wandverdickung sich auszeichnende, Faserzellen. Dieselben erscheinen bei Lycopodium in kleineren Gruppen, namentlich da, wo die zwischen die Lappen des Holztheiles eingeschobenen Bastbänder in den äusseren Bastring übergehen, bei Selaginella dagegen mehr vereinzelt innerhalb des letzteren.

Digitized by Google

Gefässbündel der Farnkräuter.

Die einzelnen bald mehr der Kreisform sich nähernden, bald bandartig in die Länge gestreckten Gefässbündel bilden hier im eigentlichen Stengel einen das Mark umgebenden Kreis. Von dem Parenchym des Markes und der Rinde werden dieselben in der Regel durch eine Scheide ein- oder allseitig verdickter, gestreckter, häufig faserähnlicher Parenchymzellen getrennt. Hier und da indessen ist der Uebergang aus den parenchymatischen Elementen des Gefässbündels in jene des allgemeinen Parenchyms eine mehr allmälige (Osmunda).

In seinem allgemeinen Bau stimmt das Gefässbündel der Farnkräuter ziemlich mit jenem der Bärlappengewächse überein, d. h. die Mitte desselben wird von dem Holztheile, der Umfang aber von dem Basttheile eingenommen.

Der Holztheil besteht mindestens aus zwei, in manchen Fällen aber aus drei Zellenformen. Im ersteren Falle findet sich neben gefässartigen, langgestreckten, spindelförmig endenden Röhrenzellen nur langgestrecktes Parenchym, während im anderen zu diesem noch echte Gefässe, d. h. Röhrenzellen mit von jener der Seitenwände abweichender Structur der mehr oder minder schief geneigten Querscheidewände hinzutreten. Man wird daher bei der einschlägigen Untersuchung sein Augenmerk besonders auf diese Verhältnisse zu richten haben.

Die Röhrenzellen, welche die ältesten Theile des Gefässbündels bilden, besitzen ein enges Lumen und sind ring- oder spiralförmig verdickt, während die später entstandenen, meist bedeutend weiteren die bekannte treppenförmige Verdickung beobachten lassen. Hierbei treten dann aber die schon weiter oben berührten Verschiedenheiten auf, indem nur da, wo je zwei Gefässe aneinandergrenzen, entschieden in die Breite gezogene behöfte Poren auftreten, während diese da, wo Röhrenzellen an Parenchymzellen oder enge faserartige Zellen grenzen, ein mehr oder minder kreisförmiger Hof mit spaltenförmigem Porencanal erscheint (Fig. 99, I. u. II.).

Die Durchbrechung der Querscheidewand, welche sich sehr schön bei unseren einheimischen Adlerfarn beobachten lässt, zeigt, soweit meine Beobachtungen reichen, nur die früher erwähnte leiterförmige Verdickungsform (Fig. 99, I. *G* mit einzelnen Resten der durchschnittenen Querwände).

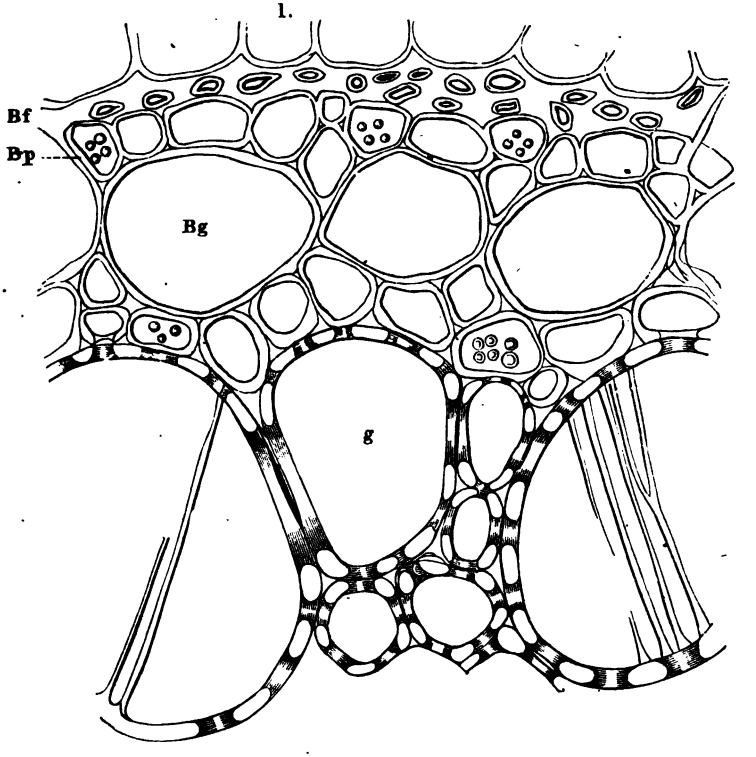
Das Holzparenchym steht theils zwischen den Röhrenzellen, theils in der nächsten Umgebung dieser letzteren als Scheide zwischen Holz- und Basttheil. Dasselbe ist langgestreckt und führt gleich jenem der höheren Gewächse Stärke. Die Längswände sind, wo sie an gleichartige Elemente grenzen, glatt, d. h. ohne verdünnte Stellen der secundären Verdickungsschicht, besitzen aber da, wo sie mit Gefässzellen zusammenhängen, seichte, geschlossene und unbehöfte Poren, deren Gestalt mit der des Porenhofes der angrenzenden Gefässwände übereinstimmt.

An der Zusammensetzung des Basttheiles nehmen die drei verschie-

Digitized by Google

denen Zellenformen Theil. Der grössere Theil wird in der Regel von mehr oder minder regelmässig vieleckig gestalteten, dünnwandigen Parenchymzellen eingenommen, welche in jeder Beziehung jenen des Holztheiles gleichen. Innerhalb dieser treten auf dem Querschnitte sich durch

Fig. 99.



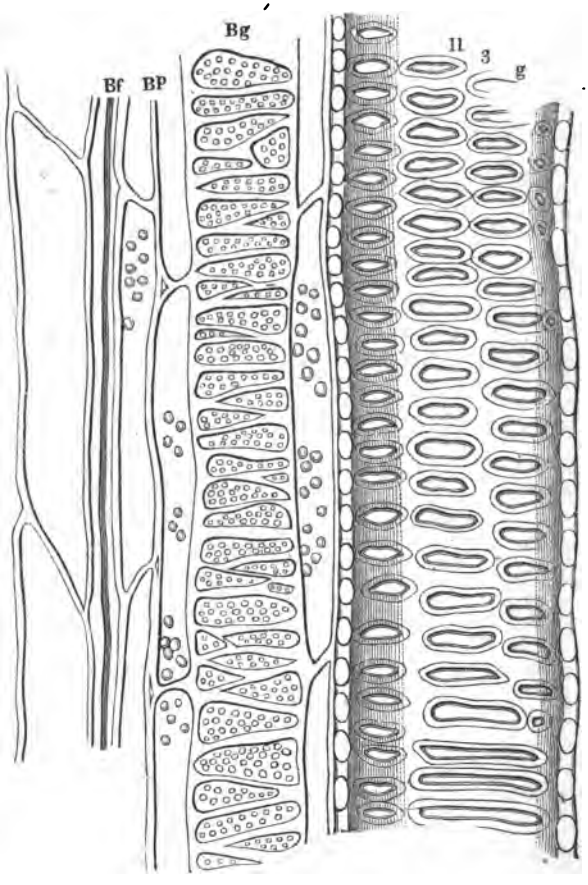
I. Querschnitt aus dem Gefässbündel von Pteris aquilina. Vergr. 1 : 420.

weiteres Lumen kenntlich machende, entweder eine mehr oder minder zusammenhängende Reihe oder kleinere Gruppen bildende Zellen auf, welche statt Stärke entweder einen trüblich feinkörnigen Inhalt führen oder entleert erscheinen (Fig. 99, I. *Bg*). Beobachtet man diese Elemente auf dem Längsschnitte, so geben sich dieselben sofort als die Röhrenzellen des Basttheiles, d. h. als die Bastgefässe (Siebröhren) zu erkennen. Dieselben sind stark in die Länge gezogen und stehen bei dem Adlerfarn sowie bei den tropischen Baumfarn mittelst schiefgeneigter Querwände in Verbindung, welche eine der auf Seite 132 beschriebenen ähnliche Structur erkennen lassen. Die Längswände zeigen sowohl bei ein- und derselben Art wie bei verschiedenen Arten und Gattungen in ihrer Struktur mannigfache Abwechselung, stimmen aber darin überein, dass sie die

Digitized by Google

diesem Elemente des Bastes eigenen Siebporen der secundären Verdickung unzweifelhaft erkennen lassen. Bei dem Adlerfarn ist in der Regel bei den weiteren Bastgefässen eine weitmaschige netzförmige (Fig. 99, II, *Bg*), bei den engeren eine rundlich oder länglich rund poröse Ver-

Fig. 99.



II. Längsschnitt aus dem Gefässbündel von Pteris aquilina. Vergr. 1 : 420.

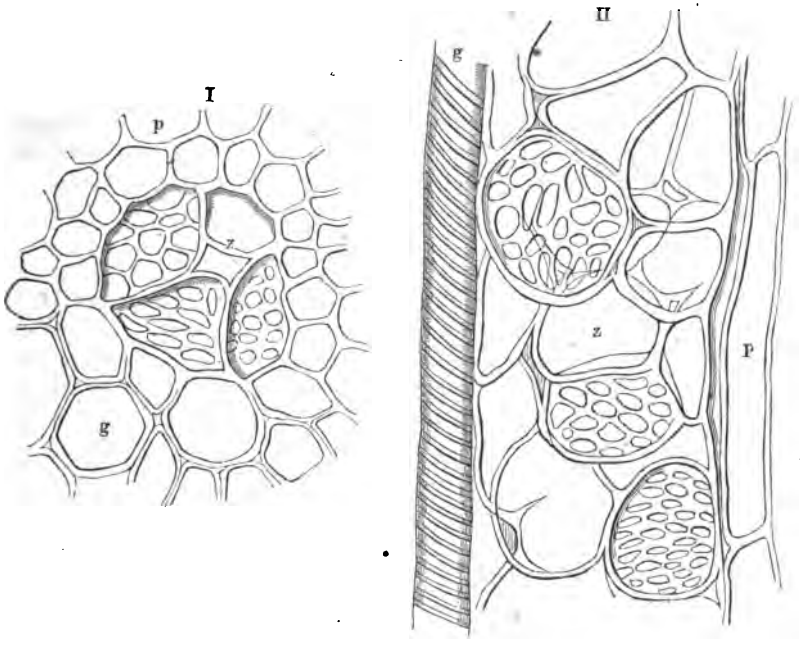
dickung vorhanden, zwischen deren Leisten oder innerhalb deren schmalem Hofe die kleinen Poren auftreten. Die von mir bis jetzt untersuchten Baumfarn dagegen zeigen an ihren meist sehr weiten Bastgefässen kleinere rundliche oder länglich runde, ziemlich unregelmässig über die Längswand zerstreute Siebporen und ähneln so theils den engeren Bastgefässen von Pteris, theils jenen der Lycopodien.

Die dritte bald mehr, bald minder deutlich entwickelte Zellenform nimmt ihre Stellung nach Aussen von den Bastgefässen nahe gegen die

Digitized by Google

Gefässbündelscheide, wo sie entweder eine nahezu ununterbrochene Reihe oder Gruppen von einer grösseren oder kleineren Anzahl von Zellen bildet (Fig. 99, I. *Bf*). Auf dem Querschnitte geben sich dieselben durch ihr enges Lumen und die stärkere, in höherem Alter hell- bis dunkelgelb gefärbte secundäre Verdickung zu erkennen, während sie auf dem Längsschnitte sowohl als bei den Macerationsproducten entschiedene Faserform zeigen (Fig. 99, II. *Bf*), welche für manche Baumfarn insofern etwas

Fig. 100.



I. und II. Quer- und Längsschnitt durch einen Zellengang (*z*) von Osmunda regalis. *g* Gefässe, *p* Parenchym des Zwischengewebes. Vergr. 1 : 250.

Eigenthümliches hat, als sich von Strecke zu Strecke tonnenförmig erweiterte Stellen finden. Wir haben in denselben somit die Faserzellen des Bastbündels, d. h. die Bastfasern vor uns.

In dem Wedelstiele mancher tropischen (Cyathea, Asplenium) und einzelner unserer einheimischen Farnkräuter (Osmunda, hier und da auch Pteris) lassen sich Stränge von eigenthümlich ausgebildeten, parenchymatischen Zellen beobachten (Fig. 100), welche wahrscheinlich zur Aufnahme von Absonderungsproducten bestimmt und den Harz-, Gummi- und Milchsaftgängen der Phanerogamen an die Seite zu stellen sein dürften. Dieselben treten entweder einzeln, oder — bei länger gedehnten, auf dem Querschnitte bandartigen Gefässbündeln (Osmunda) — zu mehreren an der

Digitized by Google

nach Innen gewendeten Seite des Gefässbündels auf. Die an der Zusammensetzung Theil nehmenden Zellen sind meist unregelmässig polyëdrisch oder rundlich, von weitem Lumen, hier und da mit einer gelblichen, ölartigen bis harzigen Masse angefüllt und besitzen entweder eine nur wenig verdickte oder eine etwas stärker verdickte Zellstoffhülle mit porösen oder netzförmigen Verdickungsschichten.

In dem Gefässbündel der Baumfarn tritt zwischen das Gefässbündel und den mehrschichtigen, aus sehr dickwandigen, porösen, faserartigen Zellen gebildeten, oben als Gefässbündelscheide bezeichneten Cylinder noch ein solcher zartwandiger, langgestreckter, meistens dicht mit Stärke angefüllter Parenchymzellen, zwischen denen sich sehr weite rundliche, etwas in die Länge gestreckte dünnwandige Zellen eingestreut finden, welche einen braunrothen oder dunkelbraunen, anscheinend homogenen Inhalt führen und entweder nur einzeln vorkommen oder aus mehreren übereinander gestellten Zellen bestehende Stränge bilden.

Gefässbündel der Rhizocarpeen.

Das Gefässbündel der von mir untersuchten Gattung Marsilea ist in Stengel und Wedelstiel nach verschiedenem Typus gebaut. In dem ersteren erscheint dasselbe auf dem Querschnitt unter der Form eines Ringes, welcher einen centralen Cylinder von sehr dickwandigen, braun gefärbten Faserzellen umgibt und nach Aussen durch einen Hohlcylinder ähnlich gebauter Zellen, deren Wandverdickung von dem Gefässbündel aus nach der Rinde in den aufeinander folgenden Reihen derart zunimmt, dass zuletzt nur noch ein höchst enges Lumen übrig bleibt, von dem Rindengewebe getrennt ist. Der Holztheil tritt ebenfalls unter der Form eines Ringes auf, der nur an einer Seite durch einen schmalen Streifen des Basttheiles unterbrochen ist, welcher das auf der Innen- und Aussenseite um den Holztheil gelagerte Bastgewebe verbindet. In dem Wedelstiele dagegen ist das Gefässbündel ein im wahren Sinne des Wortes centrales, indem die ganze Mitte davon eingenommen wird. Der Holztheil bildet hier zwei allseitig von Basttheilen umgebene, und solcherweise von einander getrennte halbmondförmige Bänder, welche divergirend mit den convexen Seiten einander zugewendet sind.

In Bezug auf die Zusammensetzung zeigt dieses Gefässbündel fast vollständige Uebereinstimmung mit jenem der im Vorhergehenden betrachteten Gefässkryptogamen.

Der Holztheil besteht aus sehr dickwandigen Gefässzellen, welche an den ältesten Stellen desselben, wo sie zugleich sehr enge sind, die ring- und spiralförmige, in den jüngeren Theilen aber, wo sie nach und nach weiter werden — und im Wedelstiele sogar ganz bedeutende Dimensionen annehmen — die treppenförmige Verdickung mit sehr engen Porencanälen und kleinen Höfen beobachten lassen. Nur hier und da findet sich einmal eine langgestreckte Parenchymzelle den Gefässzellen eingestreut, in

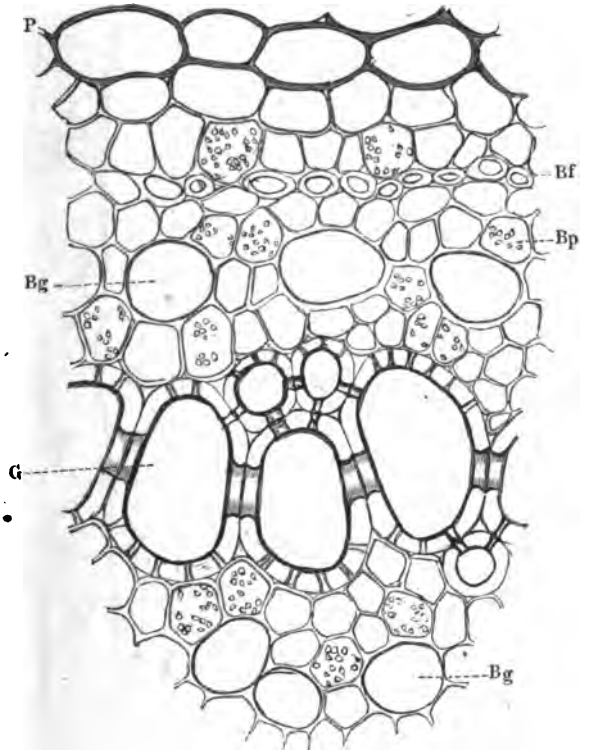
Digitized by Google

der Regel nimmt das wenig Stärke führende Holzparenchym seine Stellung in der unmittelbaren Umgebung der Gefässzellenbänder (Fig. 101).

Der Basttheil des Gefässbündels besteht dagegen aus den drei bekannten Zellenformen. Die Hauptmasse wird von ziemlich regelmässigem, Stärke führendem Bastparenchym gebildet, welchem eine mehr oder

Fig. 101.

I



I. Querschnitt durch das Gefässbündel von Marsilea quadrifolia. Vergr. 1 : 400.

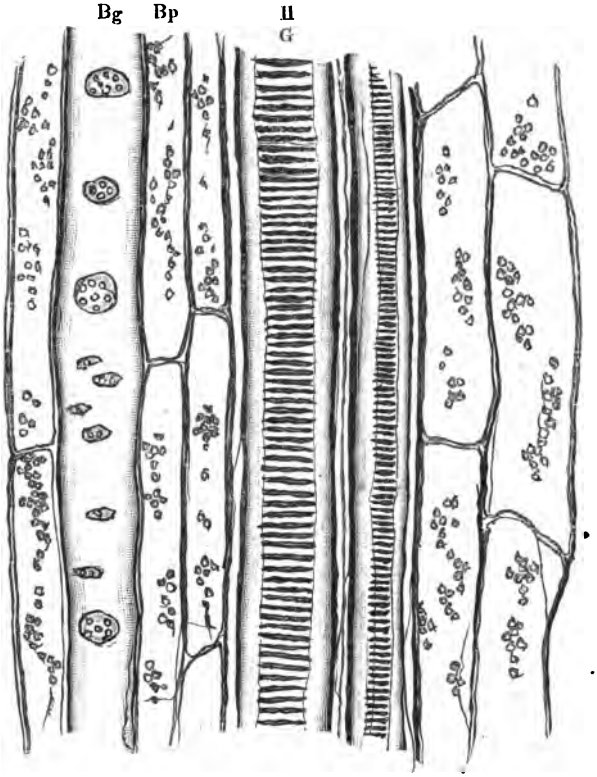
minder grosse Zahl von meist einzeln stehenden weiteren, sich auf dem Längsschnitte als die Bastgefässe zu erkennen gebenden Zellen eingestreut ist. In ihrer Structur stimmen die letzteren annähernd mit jenen der Equiseten überein. Die Querwände sind in der Regel mehr oder weniger geneigt und von feinen Poren siebförmig durchbrochen. Die Längswände dagegen erscheinen meist glatt; nur in einzelnen Fällen beobachtet man auf denselben die charakteristischen Siebporen (Fig. 101, II. *Bg*). Als dritte Zellenform treten Faserzellen mit nicht gerade sehr bedeutend verdickten Wänden auf, welche sich indessen auch auf dem Querschnitte durch die

Digitized by Google

geringen Dimensionen bemerklich machen. Dieselben stehen in dem Stengel meist in einer Reihe an dem Umfange des Gefässbündels, und finden sich in dem Wedelstiele in einzelnen grösseren oder kleineren Gruppen beisammen (Fig. 101, I. *Bf*).

Zu den Untersuchungen über den Bau und die Zusammensetzung des Gefässbündels der höheren Kryptogamen bedarf man zunächst zarter,

Fig. 101.



II. Längsschnitt durch das Gefässbündel von Marsilia quadrifolia. Vergr. 1 : 400.

womöglich den vollen Umfang des ersteren umfassender Quer-, dann in verschiedener Richtung durch verschiedene Stellen geführter Längsschnitte. Macerationsproducte, welche man entweder mittelst des Schultz'schen Macerationsgemisches herstellen oder auch leicht durch Fäulniss der aus dem Parenchym herausgelösten Gefässbündel erlangen kann, gewähren eine wesentliche Unterstützung für die genauere Kenntniss der verschiedenen an dem Aufbau des Gefässbündels betheiligten Zellenformen und die bei denselben auftretende Verdickungsweise; ausserdem belehren sie bei gehöriger Vorsicht in der Beobachtung in sicherer Weise über die Verbindung der Röhrenzellen untereinander.

Digitized by Google

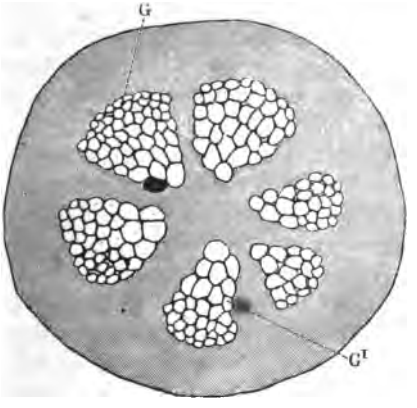
Entwickelung des kryptogamen Gefässbündels.

Um die Entstehung der verschiedenen Elemente des Gefässbündels aus dem Cambium zu verfolgen und den Fortschritt des Verdickungs- und Verholzungsprocesses, namentlich der im Holztheile vorkommenden Röhrenzellen zu controliren, muss man in der Entwickelung befindliche Pflanzen von dem Vegetationskegel an abwärts mittelst zarter Quer- und Längsschnitte untersuchen. Wo es irgend möglich, da wähle man hierfür solche Pflanzen, welche sich nach vollzogener Befruchtung aus dem Vorkeime heranbilden.

Die Eigenthümlichkeiten der Entwickelungsgeschichte des kryptogamen Gefässbündels, welche dessen Bau im ausgebildeten Zustande bedingen, lassen sich unter den leichter zugänglichen hierher gehörigen Gewächsen am klarsten bei den Bärlappgewächsen und Farnkräutern studiren.

Lycopodien. — Bei den Bärlappen sondern sich aus dem centralen Cambiumcylinder zunächst an verschiedenen peripherischen Stellen nach Innen einige enge, rasch verholzende ring- oder spiralförmig verdickte Gefässzellen, nach Aussen ebenfalls engere, nicht verholzende Elemente des Basttheiles aus. Hierauf entwickeln sich von diesen fertigen Elementen aus neue Elemente des Holz- und Basttheiles, und zwar in der Weise, dass die nach dem Centrum des Stengels hin vorwiegend ausgebildeten Holzelemente nach der Rindenseite hin von einem Ringstücke des Bastes umschlossen werden. Nach kurzer Zeit hört dann die Entwickelungsfähigkeit des Cambiums nach der Rindenseite hin auf, und die Entwickelung schreitet nur noch nach Innen hin und zwar theils in centripetaler, theils in tangentialer Richtung fort. Auf diese Weise entstehen innerhalb eines, von der noch aus dünnwandigen Zellen bestehenden Gefässbündelscheide umschlossenen, Bastringes einzelne nach Innen gestreckte rundliche Bündel, aus deren Cambium nun nach dem Centrum des Stengels hin gleichzeitig Holz und Bast hervorgeht, wobei die beiderseitigen Gefässelemente

Fig. 102.



Querschnitt durch einen jungen Trieb von Lycopodium chamaecyparissias mit den ersten Anlagen der Gefässbündel. *G* älteste, *G¹* jüngste Gefässe. Vergr. 1 : 200.

Digitized by Google

an Weite mehr und mehr zunehmen, so dass sich nun auch die Bastgefässe in ihren Dimensionen wesentlich vor den übrigen Zellenformen des Bastes auszeichnen. Indem die Entwickelung noch eine Zeit lang in der geschilderten Weise fortdauert, bilden sich in Folge derselben die einzelnen Bänder sowie die eigenthümlichen Lappen des Gefässbündels heran, wie sie uns in dem ausgebildeten Zustande des letzteren entgegentreten.

Die schmalen brückenartigen Verbindungen vorher getrennter bandartiger Theile des Holzkörpers entstehen wahrscheinlich dadurch, dass die Bastbildung auf kurze Zeit unterbrochen wird und stellenweise an Stelle der Elemente des Basttheiles enge Gefässzellen aus dem Cambium hervorgehen.

Farnkräuter. — Bei den Farnkräutern erfolgt die Heranbildung der Elementarorgane des Gefässbündels aus dem Cambium in der Regel von einem oder zwei Punkten aus und schreitet von hier aus in verschiedener Weise fort, was nicht sowohl in verschiedenen Arten und Gattungen, als vielmehr in der Form der sich entwickelnden Gefässbündel seinen Grund hat.

Bei Polystichum filix max z. B., bei dem die Form der Gefässbündel eine nahezu kreisförmige oder schwach länglichrunde ist, beginnt die Entwickelung, soviel ich beobachten konnte, meistens von einem, seltener von zwei Punkten aus. In dem Cambiumstrange scheiden sich zuerst in einem nahezu peripherischen Punkte ein und zwei enge Spiralgefässe und diesen gegenüber einige Faserelemente des Bastes aus. Diese beiden Anfänge des Holz- und Basttheiles nehmen dann rasch um einige schnell sich verdickende und zugleich verholzende Elemente zu, während sich um und zwischen denselben das zartwandige Gewebe in gleichem Maasse vermehrt und in dem den Cambiumstrang umgebenden Parenchym die Zelltheilung fortwährend thätig bleibt.

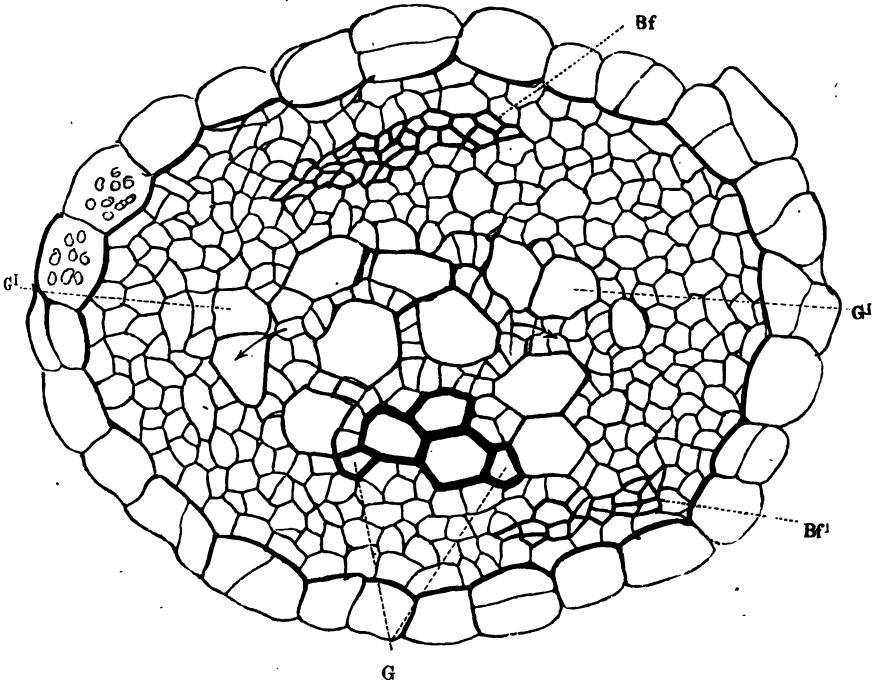
In weiter fortgeschrittenen Entwickelungszuständen erblickt man ein aus drei bis sieben Elementen bestehendes Bündel von verholzten Spiralgefässzellen, welches etwas gegen den Umfang des Gefässbündels gerückt erscheint (Fig. 103, I. u. II. *g*). Diesem gegenüber erscheint nahe dem Umfange ein Bündel von Bastfasern, dessen Elemente sich durch Zelltheilung vermehren (Fig. 103, I. u. II. *Bf*), während sich häufig zu gleicher Zeit vor dem Gefässzellenbündel eine Theilung in einer dünnwandigen Zellengruppe, also beginnende Bastfaserbildung oder gar ein kleineres Bündel von fertigen Bastfasern bemerklich macht (Fig. 103, I. u. II. Bf^{II}). Das Gefässzellenbündel erscheint zugleich von dem älteren Bastfaserbündel durch ein Gewebe getrennt, in welchem eine kleinere oder grössere Zahl von an der Weite ihres Lumens kenntlichen, häufig durch engere Zellen, Holzparenchym, von einander getrennte unverholzte Gefässzellen auftreten (Fig. 103, I. u. II. G^{I}), und aus dem nach dem Umfange des Gefässbündels hin die weiteren Elemente des Bastes hervorgehen.

Die weitere Entwickelung kann nun einen verschiedenen Gang ein-

Digitized by Google

schlagen, von dem das Aussehen des fertigen Gefässbündels abhängt. Entweder schreitet die Heranbildung neuer Gefässbündelelemente, nachdem zwischen den ersten Holz- und Bastbündeln noch eine kleinere Masse von Gefäss- und Holzparenchymzellen entstanden ist, vorzugsweise nach einer Seite des Gefässbündels hin fort, wie in Fig. 103, II., oder es er-

Fig. 103 I.



I. und II. Querschnitt durch kurze Zeit angelegte Gefässbündel von Aspidium filix mas, *GG* älteste bereits verholzte Spiralgefässzellen, G^1G^1 in der Ausbildung begriffene Gefässzellen. In I. geht die Entwickelung von einem, in II. von zwei excentrischen Punkten aus. Vergr. 1 : 500.

folgt dieselbe nach zwei Seiten hin gleichmässig, wie in Fig. 103, I., so dass in dem fertigen Gefässbündel die ältesten Gefässzellen — mit ringförmiger oder spiraliger Verdickung — entweder mehr zur Seite gerückt oder mehr nach der Mitte hin zu stehen kommen. In einzelnen Fällen tritt, nachdem sich in dem älteren Holztheile eine mehr seitliche Entwickelung geltend gemacht hat in dem bildungsfähigen Gewebe zwischen diesem und dem älteren Bastbündel ein neues Bildungscentrum auf (Fig. 103, II. oben) indem darin sich einige rasch verholzende enge Spiralgefässzellen aussondern. Von hier aus geht dann die Entwickelung anfänglich nach zwei Seiten hin, bis die von den beiden Bildungsheerden aus sich heranbildenden Gefässelemente sich zu einem nach dieser Seite hin geschlossenen

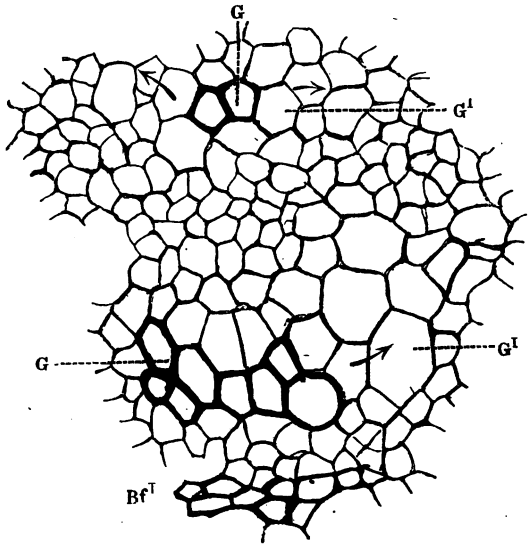
Digitized by Google

Ringabschnitte vereinigt haben. Alsdann hört die Entwickelungsfähigkeit des älteren Gefässbündeltheiles auf und es schreitet nun von dem zweiten Bildungscentrum aus die Entwickelung nach der anderen Seite hin fort, bis das Gefässbündel seine Ausbildung erreicht hat.

Die letztere Entwickelungsweise findet sich bei der in Rede stehen-

Fig. 103.

II.



den Pflanze indessen nur in den beiden umfangreicheren Gefässbündeln, welche an der oberen Seite des Wedelstieles stehen.

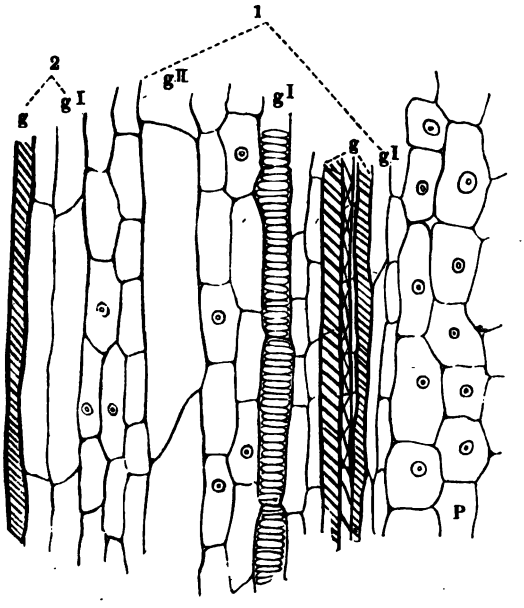
Bei Pteris aquilina, wo sich zumeist bandartig gestreckte Gefässbündel finden, geht die Entwickelung in der Regel von zwei tangential neben einander liegenden Bildungscentren aus (Fig. 104, 1 u. 2), während die bei Polystichum beschriebene Entwickelungsfolge nur hier und da bei den einzelnen rundlichen oder elliptischen kleineren Bündeln vorkommt.

Im letzteren Falle ist die Entwickelungsfolge derart, dass sich die Gefässbündelelemente zuerst von einem Mittelpunkte aus gleichmässig nach zwei Seiten hin heranbilden; später scheint die Fortbildung dagegen nach einer Seite hin beschränkt zu werden, während sie nach der anderen fortdauert. Auf diese Weise nimmt der Holztheil die Form eines Halbmondes mit ungleichen Schenkeln an, der nach der convexen Seite hin von einem gleichbreiten Bastbande umgeben wird, während an den concaven Seiten der oben beschriebene Zellengang und ein etwas massiger entwickeltes Bastgewebe auftreten, und so die rundliche Form des ganzen Gefässbündels wahren. Im anderen Falle beobachtet man ein ganz ähn-

Digitized by Google

liches Verhalten in Bezug auf die beiden Bildungscentren. In beiden wird die Fortbildung in der Regel nach der einen für beide Centren gleichwandigen Seite hin verlangsamt und beschränkt, während sie nach der anderen rascher vor sich geht und länger fortdauert. Hier wird aber, da die Entwickelung centripetal fortschreitet, dieser in dem einen Bündel

Fig. 104.



Längsschnitt durch ein in der Entwickelung begriffenes Gefässbündel von Pteris aquilina. *g* Spiralgefässzellen, g^I und g^{II} verschieden alte poröse Gefässe, bei g^I sind die Porenhöfe bereits vorhanden. 1 und 2 die beiden von zwei peripherischen Punkten ausgehenden Gefässgruppen. *P* Parenchym. Vergr. 1 : 500.

ein Ziel gesetzt, sobald die ausgebildeten Gefässbündelelemente aufeinandertreffen, während das andere häufig in seiner Thätigkeit noch eine Zeit lang unbeschränkt bleibt. So kommt es, dass die beiden Gruppen der Spiralgefässzellen in dem fertigen Bündel oft ziemlich nahe aneinander gerückt erscheinen (Fig. 104, *g*, *g*), während nach der einen Seite hin eine grosse Zahl weiter Gefässe zu beobachten ist.

G. v. Mohl: Ueber den Bau des Farnstammes. Vermischte Schriften 1846, Seite 108.

Derselbe: Ueber den Bau des Stammes von Isoetes lacustris. Vermischte Schriften, Seite 122.

Schleiden: Grundzüge, 3. Aufl. Bd. I., Seite 255, und auch Bd. II.

Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie. Bd. I., Seite 313 u. f.

Unger: Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Seite 215.

Dippel: Ueber die Zusammensetzung des Gefässbündels der Kryptogamen. Amtlicher Bericht der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Giessen. S. 142.

Digitized by Google

3. Das Gefässbündel der Monokotyledonen.

Das Gefässbündel der Monokotyledonen besteht in vollkommen ausgebildetem Zustande aus den drei bekannten Zellenarten, welche sich in zwei Systemen: dem Holz- und Basttheile des Gefässbündels gruppirt finden. Es entsteht aus einem Cambium, welches von dem Centrum des betreffenden Stranges aus nach zwei Seiten des Stengels hin verschieden, und zwar nach der Rindenseite in den Basttheil, nach der Markseite in den Holztheil mit ihren Elementarorganen, umgebildet wird. In späteren Entwickelungszuständen nimmt das Cambium zwischen den ausgebildeten Elementen etwa die Mitte des Gefässbündels ein und verschwindet mit Ablauf der Entwickelungsperiode vollständig, indem es in parenchymatisches Dauergewebe umgewandelt erscheint.

Abgesehen von den unvollständig ausgebildeten Gefässbündeln, von denen die einen (Najas und Caulinia) nur aus dünnwandigen gestreckten Zellen, die anderen (Rindenbündel) nur aus Bastfasern oder aus Bastgefässen (Siebröhren) und gestrecktem Parenchym bestehen, finden sich bei dem monokotyledonen Gefässbündel mannigfache Abänderungen in Bezug auf die Entwicklung der einzelnen Elementartheile sowohl als auf deren Stellung zu einander.

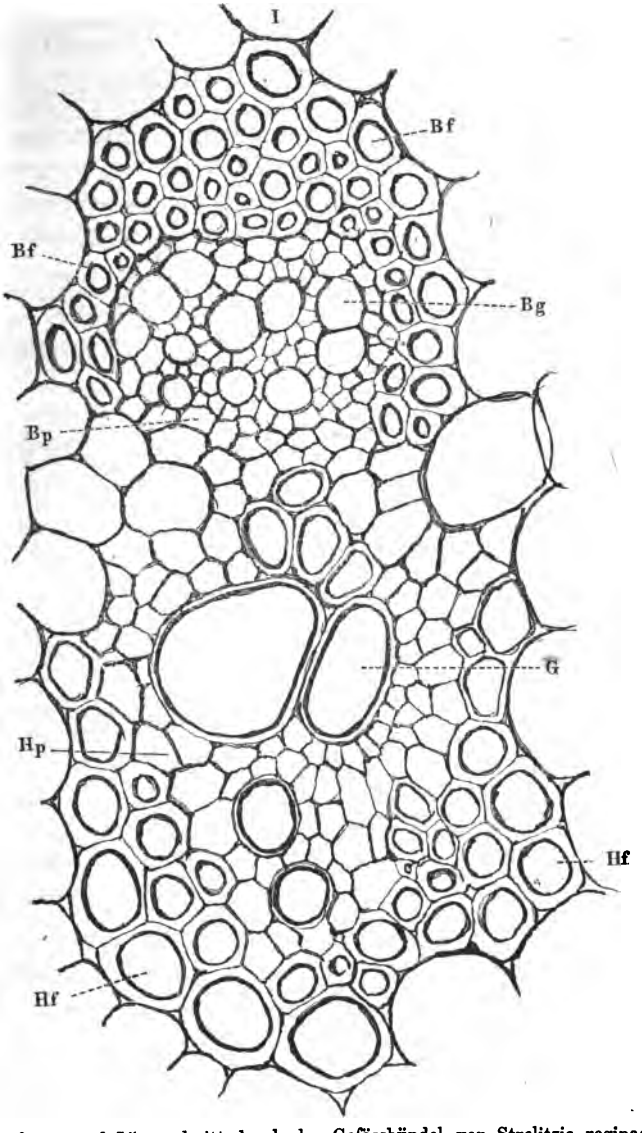
Betrachten wir die Elementarorgane des Gefässbündels etwas näher, so treffen wir zunächst auf zwei Modificationen von Faserzellen: Holzfasern und Bastfasern. Die Holzfasern nehmen die nach Innen, d. h. nach dem Mittelpunkte des Stengels gewendete Seite des Gefässbündels ein (Fig. 105, I. *Hf*). Sie sind bald stärker, bald minder stark verdickt, stets verholzt und lassen zerstreut stehende, wenig zahlreiche, schwach behöfte, länglichrunde Poren beobachten (Fig. 105, II. *Hf*). Die Querscheidewände stehen in der Regel nur wenig geneigt, selten findet man Zellen mit so scharf zugespitzten Enden, wie sie die Holzzellen der Dikotyledonen besitzen. Die Holzfaser der Monokotyledonen steht demnach hier und da dem langgegestreckten Parenchym ziemlich nahe und unterscheidet sich, wenn sie nur wenig verdickt erscheint, von diesem nur durch ihren den Querdurchmesser sehr bedeutend überwiegenden Längsdurchmesser. Die Bastfasern nehmen ihren Platz an der nach der Peripherie des Stengels gewendeten Seite des Gefässbündels (Fig. 105, I. *Bf*). Im Ganzen sind dieselben den Holzfasern ähnlich gebaut, zeichnen sich aber im Allgemeinen durch eine schärfer ausgesprochene Zuspitzung der Enden vor diesen aus. Häufig treten sie, wie diese, mit nur gering verdickten Zellstoffwandungen auf. In der Mehrzahl der Fälle sind sie jedoch stark — und dann gewöhnlich stärker als die Holzfasern des gleichen Gefässbündels — verdickt. Ihre secundären Verdickungsschichten zeigen eine mehr oder minder deutliche Schichtung und werden von zahlreichen, spaltenförmigen, feinen Poren durchsetzt (Fig. 105, II. *Bf*). Hier und

Digitized by Google

da finden sich auch mehr complicirte Verdickungsweisen (Calamus, Caryota urens etc.), worauf schon weiter oben hingewiesen worden ist.

Die Röhrenzellen oder Gefässzellen des Holztheiles (Fig. 105, I. u. II. *G*) bestehen aus Ringgefässen, Spiralgefässen, netzförmigen Ge-

Fig. 105.



I. und II. Quer- und Längsschnitt durch das Gefässbündel von Strelitzia reginae als allgemeiner Typus des monokotyledonen Gefässbündels. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

fässen, porösen Gefässen, wobei letztere fast immer einzelne spaltenförmig behöfte Poren zeigen. Die einzelnen Röhrenzellen, welche bei den beiden ersten Gefässarten von grösserer, bei den letzteren von minder grosser Länge sind, münden bald durch einen grossen Poren ineinander

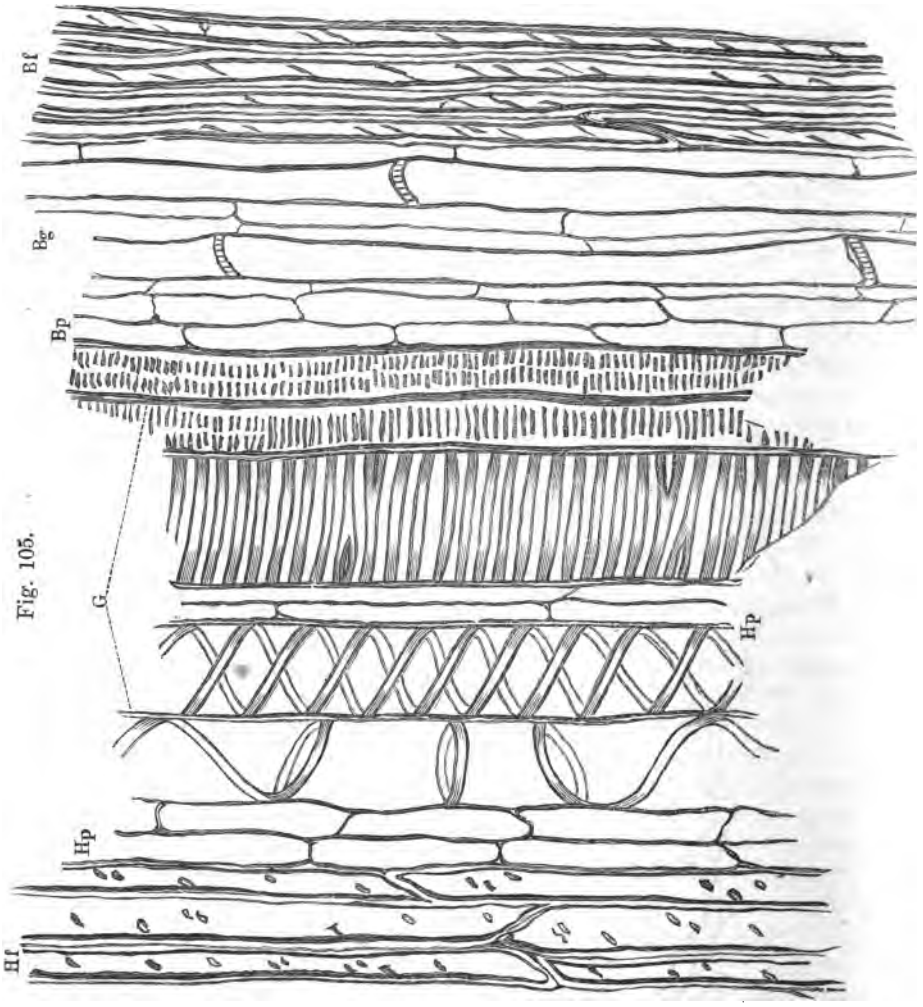


Fig. 105.

und man erkennt dann die Gliederung an dem verdickten Rande des letzteren, der entweder horizontal oder nur wenig geneigt steht, oder es tritt die schon früher mehrfach erwähnte leiterförmige Durchbrechung der Querscheidewände auf. Erstere Structur wird man namentlich bei den Ring- und Spiralgefässen sowie bei den mit runden Poren versehenen

Digitized by Google

Gefässen antreffen, während die anderen vorzugsweise bei den netzförmigen und spaltenförmig porösen (Treppen-) Gefässen auftritt.

In Bezug auf das gegenseitige Verhältniss der verschiedenen Gefässarten ist es durchgreifendes Gesetz, dass die zuerst entstandenen, meist engeren Gefässe die drei ersten, die älteren, weiteren dagegen die beiden anderen Verdickungsweisen erkennen lassen. Nur bei einzelnen Arten aus den Familien der Gräser und Musaceen sind hier und da sämmtliche Gefässe Ring- oder Spiralgefässe (Musa, Canna, hier und da auch Phragmites).

Die Bastgefässe, welche früher sammt den mit ihnen zusammen vorkommenden gestreckten Parenchymzellen als Vasa propria (Mohl) oder als Dauercambium (Schacht) bezeichnet wurden, sind ihrer Structur nach zuerst von H. v. Mohl erkannt und (wie die Bastgefässe der Dikotyledonen) Gitterzellen benannt worden. Sie nehmen in radialer Richtung ihre Stelle zwischen dem die Gefässe des Holztheiles umgebenden Parenchym und den Bastfasern (Fig. 105, I. u. II. *Bg*), und bilden sammt den zwischen ihnen vorkommenden Parenchymzellen, mit denen sie bald in bestimmter Ordnung (Musa), bald in mehr unregelmässiger Weise wechseln, eine leicht erkennbare zartwandige Partie des Gefässbündels. Ihre Querscheidewände sind entweder vollständig horizontal oder nur wenig geneigt, in der früher geschilderten Weise eigenthümlich verdickt und besitzen weitere oder engere, runde oder polygonale Poren (Siebporen) (Fig. 105, II. *Bg*). Seltener (einige Palmen) findet man stark geneigte Querwände, welche in die Länge gezogene, siebförmig durchbrochene Poren zeigen. Die Seitenwände sind meistens glatt, hier und da jedoch, und zwar, soviel ich aus meinen eigenen Untersuchungen schliessen darf, nur da, wo sie mit gleichen Elementarorganen verwachsen sind, erscheinen auf denselben auch runde oder ovale Gitterporen (Musa, Calamus, Asparagus, Canna, ebenso Palmen etc.).

Ausser diesen in der Mitte des Gefässbündels stehenden Bastgefässen finden sich bei einzelnen Gattungen, namentlich aus der Familie der Liliaceen (Allium), der Musaceen (Musa), der Aroideen (Caladium, Xanthosama, Scindapsus, Arum u. a.), ausserhalb des Gefässbündels, aber immer entweder in seiner unmittelbaren Umgebung (Fig. 160), oder an der Stelle der kleinen Bastbündel (Allium) nahe unter der Rinde stehende weitere Bastgefässe, mit gegitterten Quer- und hier und da auch Längsscheidewänden, die einen eigenthümlichen, an der Luft sich oft roth färbenden Saft (Milchsaft) führen und früher als eine eigene Art von Elementarorganen, „Milchsaftgefässe", betrachtet wurden. Ich habe in der neuesten Zeit durch umfangreiche Arbeiten nachgewiesen, dass diese Elementarorgane dem Basttheile des Gefässbündels angehören, und da sie in ihrer Structur mit den Bastgefässen im Inneren der letzteren übereinstimmen, denselben anzureihen sind. Wollte man in der Art ihres Inhaltes einen Unterschied suchen, so muss ich darauf hinweisen, dass dieser Umstand nicht ganz von entscheidendem Gewicht sein dürfte. Erstlich wird der

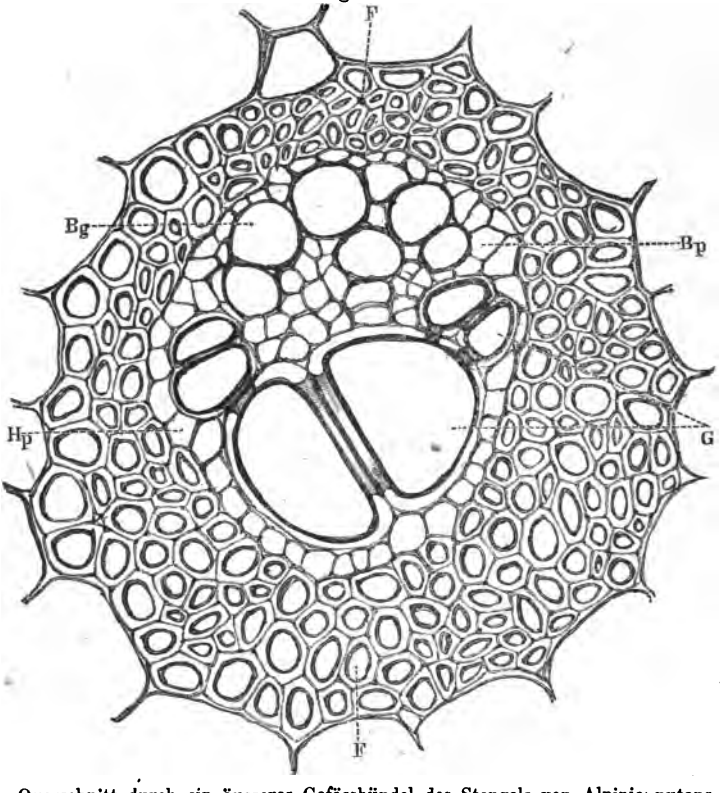
Digitized by Google

Milchsaft nicht immer roth gefärbt, und stimmt in seinem ganzen optischen und chemischen Verhalten mit dem Inhalte der inneren Bastgefässe überein, und dann findet sich in den Pflanzen, welche solche sich färbende Milchsäfte führen, auch der Inhalt dieser letzteren nicht selten geröthet, wie ich mich bei Musa auf das entschiedenste überzeugt habe.

Die Parenchymzellen (Fig. 105, I. u. II. *Bp* u. *Hp*) kommen sowohl in dem Holztheile als in dem Basttheile des Gefässbündels vor und sind in der Regel langgestreckt, ja oft so sehr in die Länge gedehnt, dass sie sich den Faserzellen mehr oder minder nähern. Sie zeichnen sich indessen immer dadurch aus, dass sie horizontale oder doch nahezu horizontale Querscheidewände besitzen und dass sie gar nicht oder nicht so stark verholzen wie jene.

In dem Holztheile umgeben dieselben zunächst die Gefässe, in dem Basttheile nehmen sie ihren Platz zwischen den Bastgefässen, von denen sie sich auch auf dem Querschnitte meist schon durch ihr geringeres Lumen unterscheiden (Fig. 105, I. *Bp*). Ihre Seitenwände sind entweder völlig

Fig. 106.



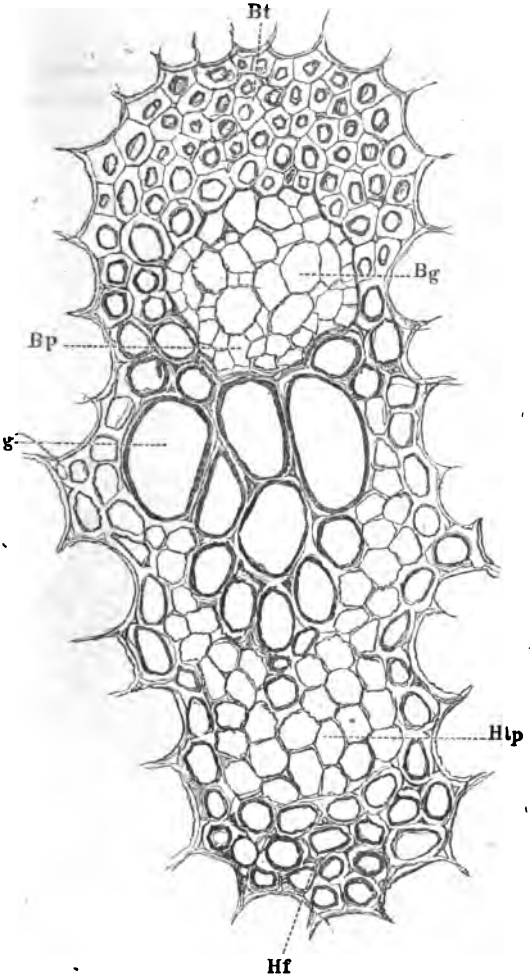
Querschnitt durch ein äusseres Gefässbündel des Stengels von Alpinia nutans. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

glatt (im Baste) oder sparsam und fein porös. Wo dieselben an Gefässe angrenzen, finden sich grössere flache Poren, welche in ihrer Grösse dem Hofe der kleinen Poren jener entsprechen. Was den Inhalt dieser Zellenart angeht, so glaube ich, dass er zu einer gewissen Zeit aus Stärkemehl bestehen dürfte. Völlig entscheidende Beobachtungen stehen mir nicht zu Gebote, indessen habe ich hier und da wohl Stärke in den Parenchymzellen des Basttheiles sowohl als des Holztheiles gefunden (Musa).

Im Allgemeinen lässt sich der Bau des monokotyledonen Gefässbündels mit Rücksicht auf die Anordnung seiner Elementarorgane folgendermaassen zusammenfassen. Die beiden Enden des radialen Durchmessers werden von Faserzellenbündeln eingenommen, und zwar erscheint nach der Rindenseite hin das Bastfaserbündel, nach der Markseite hin das Holzfaserbündel, ohne dass diesen andere Elemente beigemengt wären. Nach Innen von dem Bastfaserbündel liegen die Bastgefässe untermengt mit Bastparenchymzellen, innerhalb des Holzfaserbündels die Röhrenzellen (Gefässe, Gefässzellen), theils umgeben von, theils untermengt mit Holzparenchymzellen. Hier und da treten (ein Verhältniss, dem wir auch bei den isolirten Gefässbündeln der Dikotyledonen begegnen werden) die Elemente der Holz- und Bastfaserbündel durch schmälere oder breitere Stränge von Faserzellen mit einander in directe Verbindung, so dass sie einen geschlossenen, die übrigen Bestandtheile des Gefässbündels einschliessenden Kreis bilden, so z. B. bei Papyrus, bei den äusseren Gefässbündeln von Alpinia u. s. w. (Fig. 106).

Fig. 107.



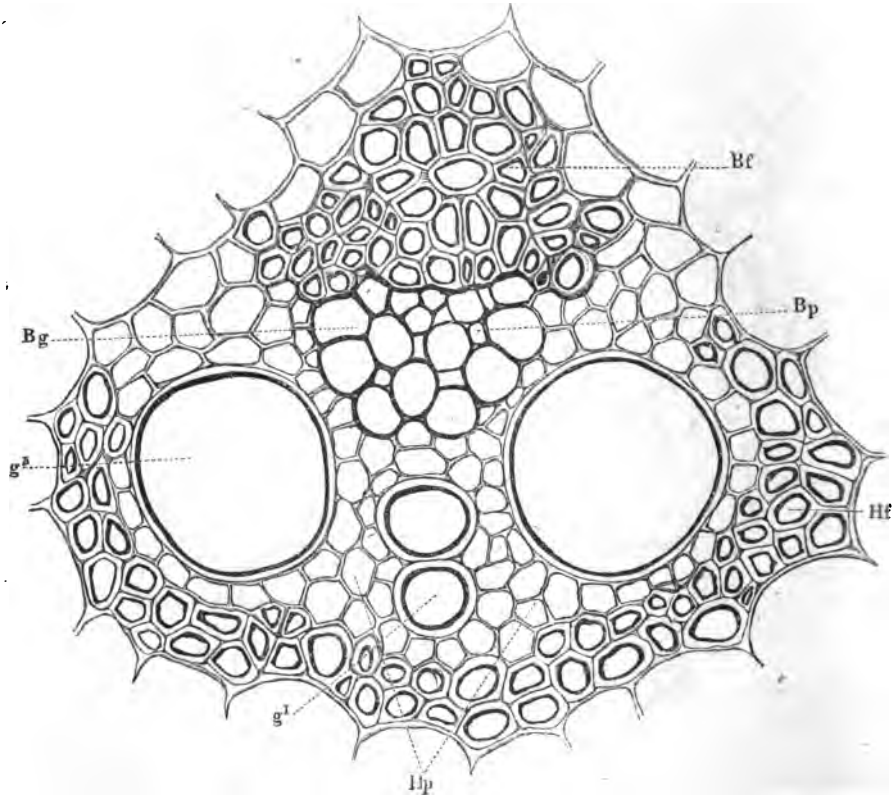
Querschnitt durch das Gefässbündel des Blattes von Gladiolus segetum. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

Am vollkommensten ausgeprägt ist der Typus des monokotyledonen Gefässbündels in den den Blättern angehörigen und zu den Blättern abgehenden, auf dem Querschnitt ausserhalb des Verdickungsringes erscheinenden Gefässbündeln vieler hierher gehöriger Gewächse (Gladiolus, Iris, Phornium, Alpinia etc.) (Fig. 106 und 107). Es nähert sich in dieser Form, in der sämmtliche Elemente scharf ausgeprägt erscheinen, zugleich am meisten dem isolirten dikotyledonen Gefässbündel, wie wir es bei vielen krautartigen Pflanzen — in der Jugend immer, hier und da aber auch während des ganzen Lebens — antreffen. In etwas anderer Form tritt das Gefässbündel bei den manchen Gräsern und Dracaenen auf, wo Holz- und Basttheil zwar noch in vollkommener Weise und in ihren Theilen ziemlich gleichmässig ausgebildet sind und nur die Stellung der Gefässe von dem oben geschilderten Typus etwas abweicht.

In dem Gefässbündel der Gräser (Fig. 108) stehen die jüngsten, weiten, porösen Gefässe zu beiden Seiten des Gefässbündels, so dass sie die

Fig. 108.



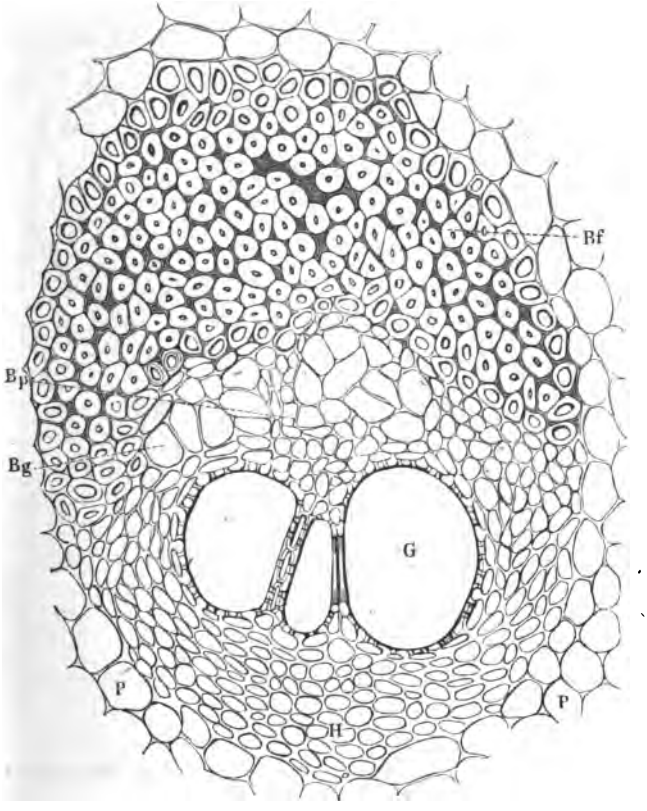
Querschnitt durch das Gefässbündel von Saccharum album. g^{I} Spiralgefässe, g^{II} poröse Gefässe. Vergr. 1 : 360.

Digitized by Google

Parenchymzellen des Holztheiles nebst einigen engeren Gefässen von beiden Seiten einschliessen; etwas nach hinten (innen) gerückt stehen dann noch zwei, drei oder mehrere gewöhnlich engere, bei manchen Gräsern, jedoch noch ziemlich weite Spiral- und Ringgefässe in einer Reihe. Bastgefässe und Bastparenchym bilden zusammen einen auf dem Querschnitte halbrunden bis (hie und da) runden Strang, welcher von dem ziemlich stark entwickelten Bastfaserbündel nach Aussen begrenzt, oder, indem es auch über die beiden weiten Gefässe hinübergreift, umschlossen wird.

Die Palmen (Fig. 109) zeigen in der Mitte des Gefässbündels ein bis drei grössere Gefässe, hinter denen häufig einige engere Spiralgefässe

Fig. 109.



Querschnitt durch ein Gefässbündel von Scheelea sp. (Karsten). *H* Holztheil, aus mässig dünnwandigen parenchymatischen und faserartigen Zellen bestehend. *P* Stengelparenchym. Sonstige Bezeichnung wie oben. Vergr. 1 : 100.

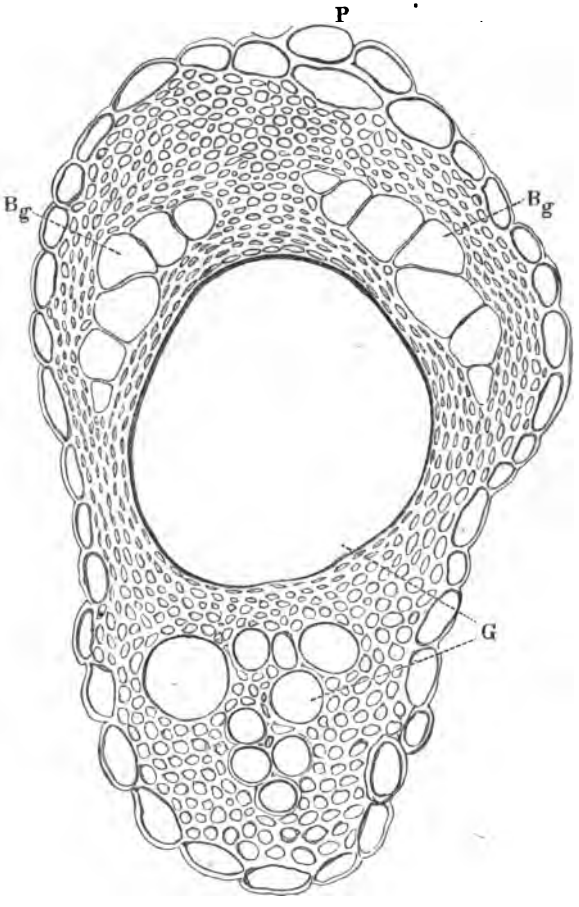
stehen. Die Holzfasern sind in der Regel nur schwach verdickt und in geringer Anzahl vorhanden; dagegen zeigt das Bastfaserbündel, dessen Elemente meist eine sehr starke Verdickung besitzen, meist eine massenhaft

Digitized by Google

überwiegende Entwickelung. Die Bastgefässe sammt dem Bastparenchym stehen dicht über den weiten Gefässen (Fig. 109, *Bg*), und zwar sind dieselben nicht selten durch einen dazwischen tretenden Parenchymstreifen in zwei Gruppen gesondert.

Bei Calamus Rotang (Fig. 110) erleidet diese Anordnung der Ele-

Fig. 110.



Querschnitt durch das Gefässbündel von Calamus Rotang. Vergr. 1 : 130.

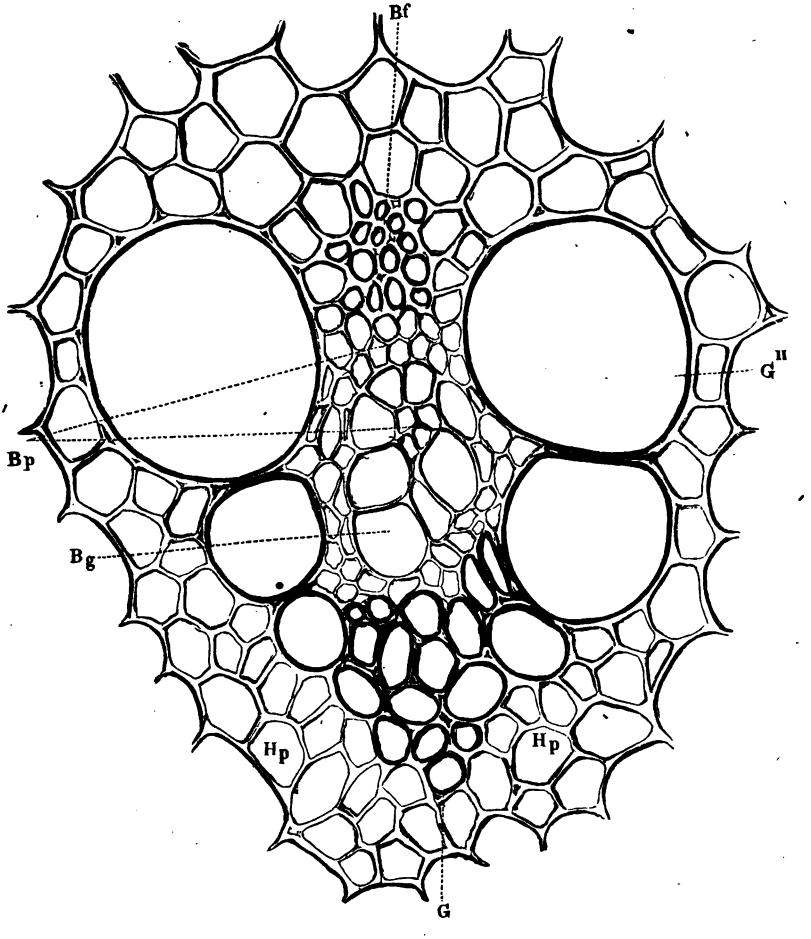
mentarorgane eine bedeutende Abweichung, indem die Mitte des Gefässbündels von einem sehr weiten Gefässe eingenommen wird, hinter dem sich eines oder einige kleinere Spiralgefässe finden, während zu dessen beiden Seiten und etwas nach oben gerückt die dünnwandigen Elemente — wohl nur Gefässe (Siebröhren) — des Basttheiles stehen (Fig. 110, *Bg*).

Eine andere Reihe von Pflanzen zeigt in den inneren Bündeln des

Digitized by Google

Stengels die Bast- und Holzfasern mit so schwacher Entwicklung und Verdickung ihrer secundären Zellstoffschichten, dass dieselben bei weitem Lumen auf dem Querschnitte von den umgebenden Parenchymzellen fast gar nicht zu unterscheiden sind (Tradescantia, Lilium, Caladium, Aspa-

Fig. 111.



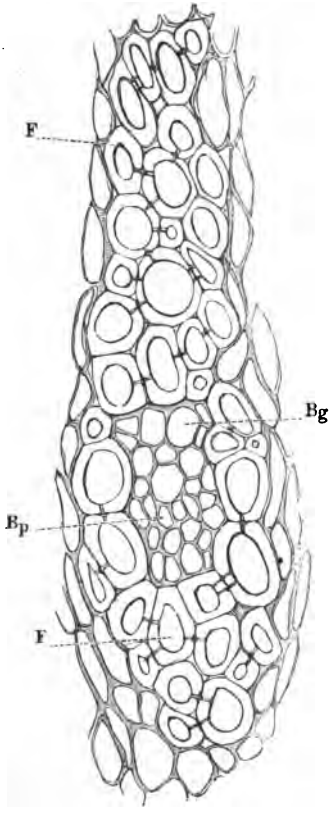
Querschnitt durch das Gefässbündel von Asparagus officinalis. Vergr. 1 : 360.

ragus, Fig. 111), oder in so beschränkter Anzahl, dass sie nur ein- oder zweireihige, nach der Mitte des Gefässbündels geöffnete, halbmondförmige oder (namentlich im Holztheile) keilförmige Lagen meist ziemlich schwach verdickter Faserzellen bilden (Musaceen). In Bezug auf die Stellung der Gefässe zu den übrigen Elementen des Gefässbündels finden sich hier ebenfalls mehrere Modificationen. Erstlich bilden jene einen geschlosse-

Digitized by Google

nen Halbmond, so dass dessen beide, oft bis zu dem Bündel der Bastfasern hinaufgerückten Spitzen von zwei besonders weiten, porösen Gefässen eingenommen werden (Fig. 111, G^{II}), zwischen denen die ziemlich zahlreichen, nach und nach enger werdenden, theils porösen, theils spiralförmigen oder ringförmigen Gefässe die Verbindung bilden. Zweitens finden sich in dem Holzbündel eines oder zwei auffallend grosse Spiralgefässe, denen sich, in der Längsaxe des Gefässbündels stehend, nach der Bastseite hin engere Spiralgefässe, gegen das Holzfaserbündel hin engere ringförmige Gefässe anschliessen (Musa, Strelitzia, Canna, Fig. 105), wodurch das Gefässbündel eine stark in der radialen Richtung des Stengels gestreckte, zwischen Holz- und Basttheil eingeschnürte Form annimmt. Drittens tritt in dem Holztheile des Gefässbündels ein weiter Luftgang auf, vor welchem sich einige engere Spiralgefässe beobachten lassen, die hier und da durch eine oder einige Lagen Parenchymzellen von der ziemlich massig entwickelten Bastgefässgruppe geschieden werden (Caladium, Xanthosoma, Fig. 160).

Fig. 112.



Querschnitt durch ein äusseres Gefässbündel von Dracaena Draco. *F* Faserzellen; die übrige Bezeichnung wie oben. Vergr. 1 : 200.

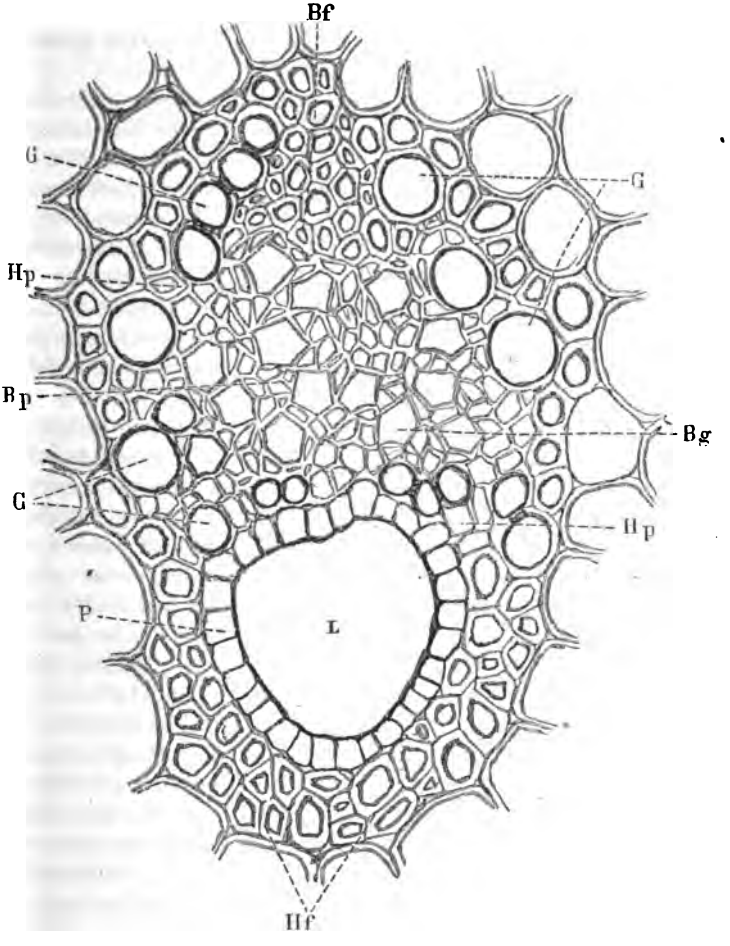
Bei den Dracaenen tritt in den inneren Gefässbündeln, wo die Holzgefässe einen geschlossenen Halbmond bilden, das Holzparenchym zwischen diese und die ebenfalls halbmondförmigen Holzfaserbündel; von den Gefässen aus nach der Rindenseite erscheinen eine meist geringe Anzahl von Bastgefässen untermengt mit Bastparenchym, und hierauf folgt das ziemlich massige Bastfaserbündel. In den äusseren, in radialer Richtung stark in die Länge gestreckten Bündeln, wo die Gefässe sowie das Parenchym des Holzes fehlen, nehmen die zartwandigen Elemente des Bastes ziemlich die Mitte des aus einem geschlossenen Ring von Faserzellen bestehenden Gefässbündels ein (Fig. 112, *Bg* u. *Bp*).

Die grösste Abweichung von dem allgemeinen Typus in der Anordnung der verschiedenen Elementarorgane findet sich bei Alisma Plantago (Fig. 113). Hier steht nämlich an der inneren Seite des Gefässbündels ein weiter Luftgang (*L*), der ringsum von zartwandigen, gestreckten, immer unverholzten Parenchymzellen um-

Digitized by Google

geben und dann durch einen ein- bis zwei-, oft dreireihigen Halbmond stark verdickter Holzfasern von dem Parenchym des Zwischengewebes abgeschlossen wird. Die Gefässe *G G* stehen nach der Rindenseite hin, zum Theil an die vorhin genannten Parenchymzellen angrenzend, zum Theil in zwei nach aussen offenen Kreisbogen den inneren Theil des

Fig. 113.



Querschnitt durch das Gefässbündel von Alisma Plantago. *L* Luftgang, welcher von zarten Parenchymzellen *P* umgeben wird.

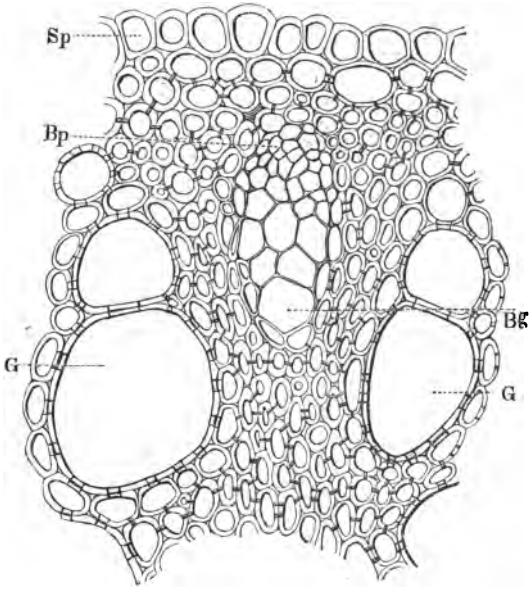
Bastbündels umfassend. Das letztere ist gleichsam ankerförmig gebaut. Der äussere halbkreisförmige nur aus Bastfasern gebildete Theil umlagert die Gefässe des Holzbündels und setzt sich dann von dem mittleren Theile des Bogens aus durch einen schmäleren zwei bis drei und mehr Zellenreihen enthaltenden Isthmus in das Innere des Gefässbündels fort

Digitized by Google

wo es sich weiter ausdehnt (Fig. 113, *Bf*, *Bp* u. *Bg*). Es ist zwar zum grossen Theile aus mässig stark verdickten Fasern zusammengesetzt, indessen fehlen auch die dünnwandigen Elemente nicht ganz. Bei den im Inneren des Stengels liegenden Bündeln bestehen diese aus eigenthümlich gruppirten dünnwandigen Zellen, von denen die einen mit weiterem Lumen den gleichen Elementarorganen von Musa u. s. w. entsprechen, die mit engerem Lumen das gestreckte Bastparenchym vorstellen. In den der Rinde zunächst gelegenen Bündeln sind die letzteren Elemente oft bis zum gänzlichen Verschwinden vermindert.

Ein eigenthümliches Verhältniss in der Stellung der beiden Bestandtheile des Gefässbündels tritt in den Wurzeln auf. Hier nimmt nämlich das aus — nach innen liegenden — Bastgefässen und — nach aussen gerücktem — Bastparenchym zusammengesetzte, meist elliptische Bastbündel seinen Platz zwischen den radienartig gestellten Reihen der Holzgefässe in einem bald mehr zartwandigen, bald dickwandigeren, holzartigen Zwischengewebe aus faserartigen Zellen, welches allmälig in das Gewebe des Markes übergeht (Fig. 114).

Fig. 114.



Querschnitt aus der Wurzel von Smilax spec. *Sp.* Parenchym der Wurzelscheide. Vergr. 1 : 200.

Für die Untersuchung des fertigen monokotyledonen Gefässbündels bedarf es ganz derselben Präparate, wie solche bei der vorhergehenden Pflanzenabtheilung angegeben wurden. Man muss dieselben, namentlich aber die Querschnitte, sowohl aus der Peripherie als aus der Mitte des Stengels oder Stammes anfertigen, um sich über die Verschiedenheiten im Baue der an letzterer Stelle auftretenden Gefässbündel und jener, welche sich ausserhalb des Verdickungsringes befinden und von da aus in die Blätter übersetzen, in genügender Weise aufzuklären.

Digitized by Google

Entwickelung der Gefässbündel.

Die Entstehung der monokotyledonen Gefässbündel und die allmälige Heranbildung ihrer einzelnen Elementarorgane aus den Zellen der Cambiumbündel verfolgt man entweder von dem ruhenden Samen aus, wo dieselben unterhalb der Terminalknospe schon in Form von Bündeln eines zartwandigen, gestreckten Zellgewebes (Cambium) auftreten, an sich entwickelnden Keimpflanzen, die man sich leicht selbst ziehen kann, oder an den Trieben ausdauernder hierher gehöriger Gewächse, welche bereits im Knospenzustande der Beobachtung unterworfen werden müssen. Am besten eignen sich hierzu manche Palmen (Phoenix), Liliengewächse und Smilaceen (Ruscus). Man wird dabei immer von der Vegetationsspitze auszugehen und mittelst zarter Quer- und Längsschnitte an der jungen Achse nach abwärts zu steigen haben. Als erstes unterscheidbares Element des sich aus dem Cambiumbündel heranbildenden Gefässbündels erscheinen einige Bastfasern, die sich bei passend gewählten Pflanzen vor den dünnwandigen Elementen durch die beginnende Wandverdickung auszeichnen. Dann treten in dem Holztheile eines oder zwei Ringgefässe auf, während wohl schon vorher und gleichzeitig mit den jungen Bastfasern die jugendlichen Holzzellen entstanden sind, ohne dass sich diese auf dem Querschnitte von den übrigen dünnwandigen Elementen so früh schon deutlich unterscheiden. Während dann nach und nach das Bündel der Bastfasern sich vergrössert und die Verdickung fortschreitet, entwickeln sich im Holztheile die ältesten Spiralgefässe und hierauf unter fast gleichzeitiger Entstehung der dünnwandigen Zellenarten (Bastgefässe und Parenchymzellen) des Basttheiles die älteren Spiralgefässe oder die porösen Gefässe. Hierauf verliert das centrale Cambium seine Fortbildungsfähigkeit und es erscheint das Dickenwachsthum des betreffenden Gefässbündels vollendet.

Das Verhältniss, in welchem die sich entwickelnden Gefässbündel und der Verdickungsring zu einander und dieser zu dem Wachsthume des Stammes stehen, kommt bei den hier zu verfolgenden Entwickelungsvorgängen nicht weiter in Betracht und hat dasselbe erst in der Histiologie der Organe seine Erledigung zu finden.

4. Das Gefässbündel der Dikotyledonen.

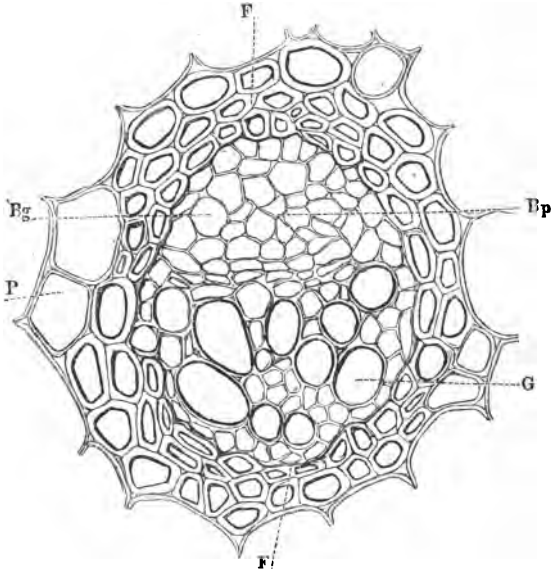
In seiner frühesten Entstehungsgeschichte stimmt das Gefässbündel der Dikotyledonen ganz und gar mit jenem der vorhergehenden Pflanzenabtheilung überein, und es können zum Studium derselben auch ganz dieselben Untersuchungsweisen in Anwendung kommen. Bei der Untersuchung der ausgebildeten Gefässbündel dagegen müssen wir von der Beobachtung jener ausgehen, welche in der einfachsten Form auftreten.

Digitized by Google

Getrennte Gefässbündel.

Hier liegen die einzelnen Gefässbündel isolirt in dem Gewebe des Stengels und werden durch mehr oder minder ansehnliche Lagen meist zartwandigen (Fig. 116 u. 117), hier und da aber derbwandigen und verholzten (Fig. 115, *P*), von jenem der Rinde und des Markes in der Regel ver-

Fig. 115.



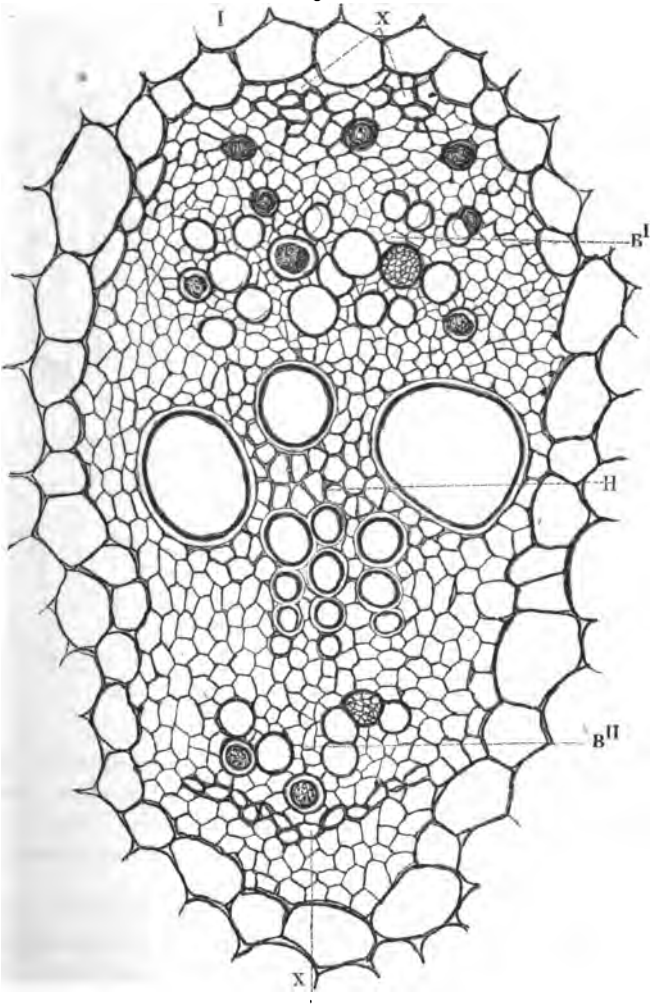
Querschnitt durch eines der kleinen Gefässbündel des Stengels von Ranunculus bulbosus. *FF* Fasercylinder, *P* Stengelparenchym. Vergr. 1 : 330.

schieden gestalteten, englumigeren, parenchymatischen Zwischengewebes von einander getrennt. Solche getrennte Gefässbündel erscheinen in dem Stengel von Ranunculus, Chelidonium, Papaver, Cucurbita, Bryonia, Taraxacum etc. Das Gefässbündel, welches sich während einiger Zeit der Vegetationsperiode durch sein zwischen dem Holz- und Basttheile gelegenes Cambium in der normalen Weise verdickt, gleicht hier in seiner einfachsten Form fast ganz und gar demjenigen der Monokotyledonen (man vergleiche z. B. Fig. 115 mit Fig. 106). Sein Holztheil besteht aus wenigen gestreckten, in der Regel minder stark verdickten porösen Holzzellen, welche sich bald mehr dem gestreckten Parenchym nähern, bald wirkliche Faserzellen sind, aus dünnwandigem, meist in der Nähe der Gefässe stehendem Parenchym und aus Gefässen, welche als deutlich aus Röhrenzellen zusammengesetzt erkannt werden. In Bezug auf die Verdickungsweise findet sich gleichfalls eine fast vollkommene Uebereinstimmung mit den Monokotyledonen. Die innersten, engen und ältesten Gefässe sind

Digitized by Google

Ringgefässe, hierauf folgen weiter, dann enger gewundene Spiralgefässe, dann netzförmige und endlich, oft sehr weite, behöft poröse Gefässe. Der Basttheil enthält an seiner Grenze gegen die Rinde ein Bündel oder einen Halbmond von Bastfasern, welche, wie in den Aesten und dem Blattstiele von Cichorium, im Stengel von Chelidonium und Papaver, bald echte Faserzellen sind, bald sich mehr dem gestreckten Parenchym nähern und dann nur höchst gering verdickte Wände haben, wie im Stengel von Cucurbita, in den jungen Aesten und Blattstielen von Angelica. Nach

Fig. 116.

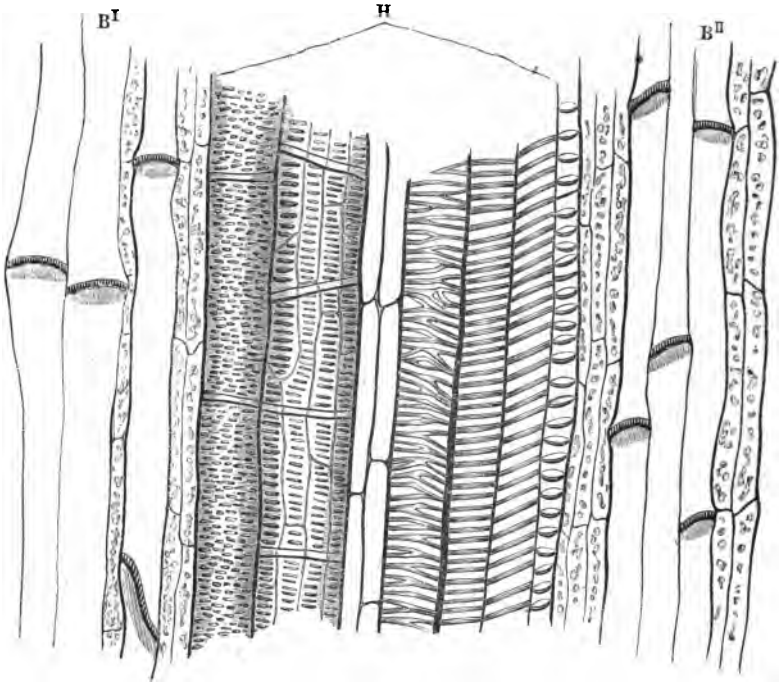


I. und II. Quer- und Längsschnitt durch das Gefässbündel von Bryonia alba. Vergr. 1 : 150. *H* Holztheil, B^I äusseres, B^{II} markständiges Bastbündel, *X* stärker verdickte (Faser-) Zellen des Bastes.

Digitized by Google

Innen von den Bastfasern steht ein Strang zartwandiger Elementarorgane, die sich häufig schon auf dem Querschnitte voneinander unterscheiden, indem die einen ein weiteres, die anderen ein engeres Lumen besitzen. Die ersteren stehen hier meist ohne eine bestimmte Ordnung zwischen den letzteren. Es sind dies die Bastgefässe, welche auf ihren Querwänden die Seite 132 von der einen Modification der Bastgefässe geschilderte Configuration beobachten lassen. Auf dem Längsschnitte sind ihre Wände

Fig. 116.



bald vollständig glatt, bald zeigen sie, und zwar dann, wenn sich die Wände zweier benachbarten Gefässe berühren, die bekannten Siebporen. Die engeren Zellen sind langgestreckte Parenchymzellen, denen hier und da (Cucurbita pepo) kürzere Chlorophyll führende Parenchymzellen beigemengt erscheinen.

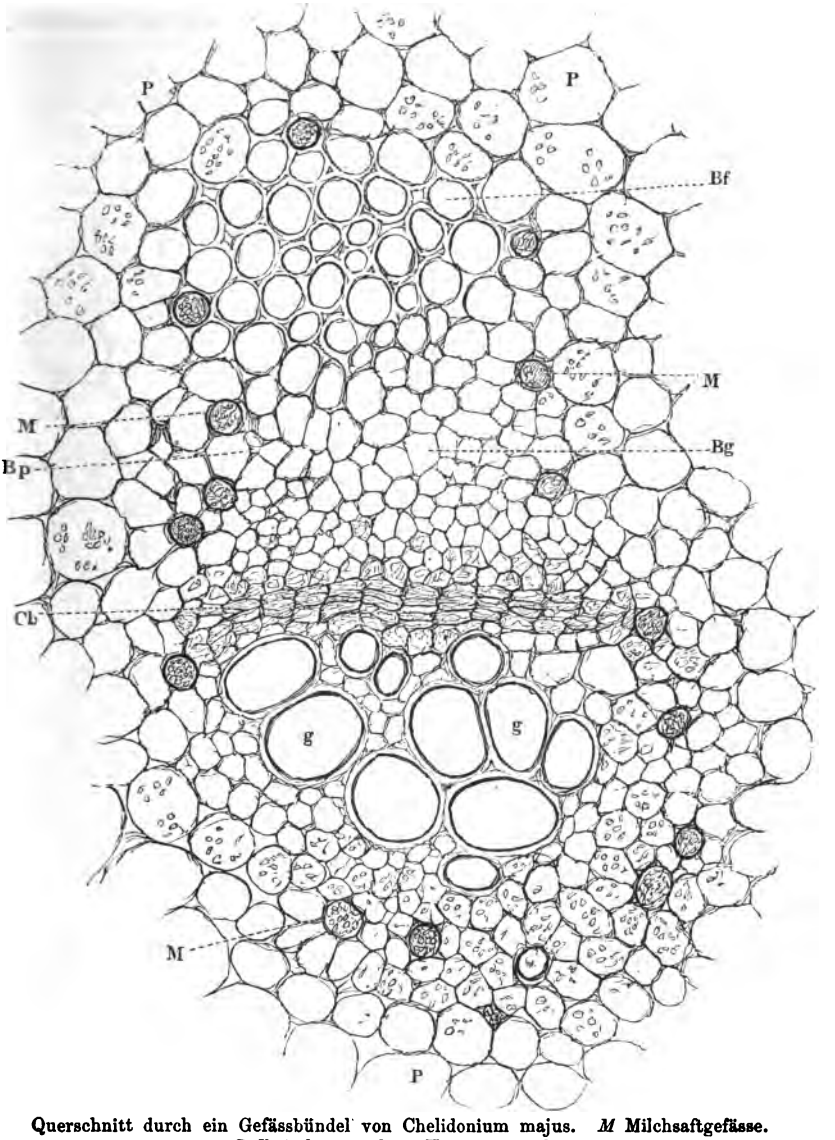
Nächst dem der Rinde zugewendeten normalen Basttheile trifft man bei diesen isolirten Gefässbündeln häufig ein zweites, jedoch meist nur aus den dünnwandigen Elementarorganen bestehendes Bastbündel, welches den Holztheil gegen das Centrum des Stengels, d. h. gegen das Markgewebe hin, begrenzt (Bryonia, Cucurbita) (Fig. 116).

Die Milchsaftgefässe, welche hier bei einzelnen Gattungen und Arten

Digitized by Google

erscheinen, treten theils in dem Umfange — oft des ganzen Gefässbündels — theils in der Mitte des Basttheiles auf (Fig. 117, *M*, *M*).

Fig. 117.



Querschnitt durch ein Gefässbündel von Chelidonium majus. *M* Milchsaftgefässe. *P* Zwischengewebe. Vergr. 1 : 360.

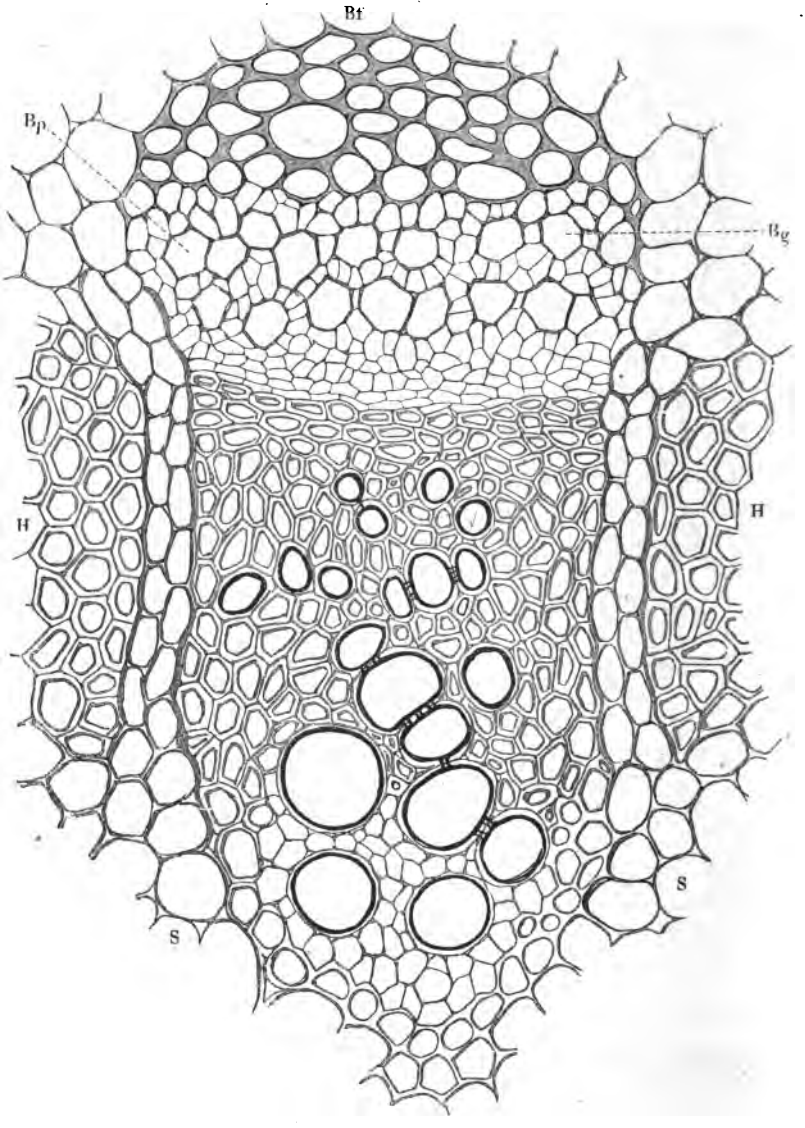
Die Cambiumschicht erleidet in der späteren Entwickelungsperiode eine volle Umbildung und verliert, wie bei dem Gefässbündel der Monokotyledonen, ihre Fortbildungsfähigkeit.

Digitized by Google

Ringförmige Gefässbündel der krautartigen Gewächse.

Den Uebergang von dem getrennten Gefässbündel der eben betrachteten Gruppe krautartiger Pflanzen zu dem Gefässbündel der holzartigen

Fig. 118.



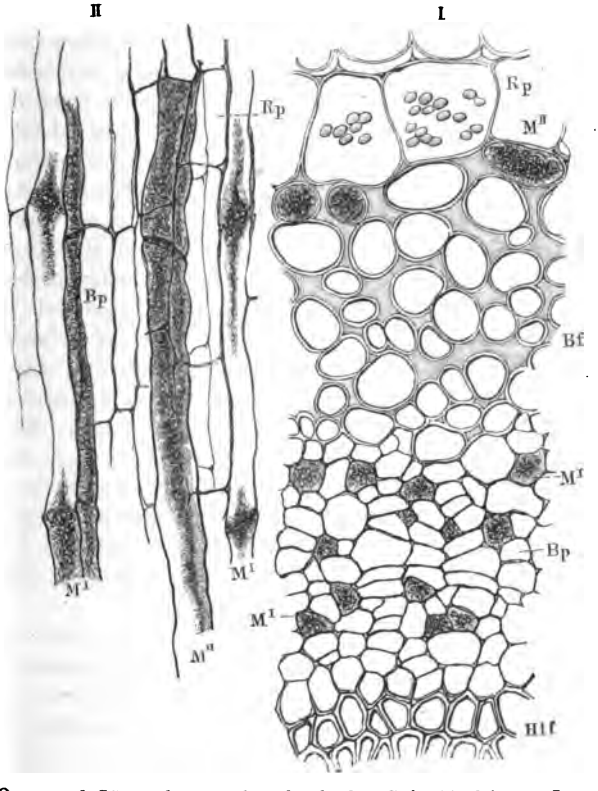
Querschnitt durch das Gefässbündel von Heraleeum spondylium. *HH* Holztheil des Gefässbündels, *SS* Markstrahlen. Vergr. 1 : 360.

Digitized by Google

Gewächse bildet eine Gruppe anderer krautartiger Pflanzen (Lactuca, Scorzonera, Carum, Angelica, Conium, Daucus etc.), bei denen, während die Bastbündel noch weiter von einander getrennt bleiben, zwischen dem anfänglich isolirten Gefässbündel aus einer Schichte von bildungsfähigem Parenchym: dem Verdickungsring, zunächst ein geschlossener, mit dem Cambium der Gefässbündel im Zusammenhang stehender Cambiumcylinder und aus diesem ein zusammenhängender, nur von engeren Markstrahlen unterbrochener Ring von Holzzellen hervorgeht, in welchem sich hier und da auch einzelne kleinere Gruppen der cambialen Zellen zu Gefässen ausbilden. Die Gefässbündel selbst, welche hier einen um das Mark geschlossenen Ring bilden, erleiden in ihrer Zusammensetzung keine Veränderung gegen die früheren.

Auch hier finden sich nach der Markseite hin bei einzelnen Pflanzenarten bald mit dem Gefässbündel in Verbindung stehende, bald isolirte, nahe dem Gefässbündel in dem Markgewebe liegende Bastbündel, welche aus nur dünnwandigen Elementen zusammengesetzt erscheinen.

Fig. 119.



I. und II. Quer- und Längsschnittparthie durch das Gefässbündel von Lactuca scariola. M^{II} aussenständige, M^{I} innere Milchsaftgefässe, *Rp* Rindenparenchym. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

Eine Anzahl der in diese Gruppe gehörigen Pflanzen bildet von ihren Bastgefässen (Siebröhren) einen Theil, und zwar jene, welche an der Grenze des Basttheiles Stellung nehmen wohl alle, jene im Innern des Basttheiles wenigstens zum grossen Theil (Fig. 119 a. v. S.), durch den früher beschriebenen Process des Verschmelzens der Längswände zu den sogenannten Milchsaftgefässen um, welche durch Anastomosen sowohl unter sich, als mit den in der Rinde zu beobachtenden gleichen Elementen, seltener mit den im Innern des Basttheiles vorkommenden Bast- oder Milchsaftgefässen durch Anastomosen in Verbindung stehen.

Gefässbündel der dikotyledonen Holzgewächse.

Gehen wir endlich zu dem in den älteren Internodien einen vollständig geschlossenen Ring bildenden Gefässbündel der ausdauernden, namentlich der holzartigen Dikotyledonen über, welches, wie bei den krautartigen Gewächsen, seinen Ursprung aus isolirten Strängen von Cambium nimmt, aus denen sich die einzelnen Elementartheile hervorbilden, und bei welchen, wie bei den letztgenannten Pflanzen, erst im weiteren Verlaufe des Wachsthums die Vereinigung zu einem geschlossenen Ringe erfolgt, so finden wir Folgendes: Am Ende der ersten Vegetationsperiode erscheint dasselbe zwar noch dem oben beschriebenen Gefässbündel analog gebaut, unterscheidet sich aber doch schon durch das Auftreten von Gefässen in der zwischen den Erstlingsbündeln gelegenen Holzmasse, sowie durch die im ganzen Umfange des Stammes mehr gleichmässige Ausbildung des Basttheiles. Das Cambium verliert nach Abschluss dieser Periode seine Fortbildungsfähigkeit nicht. In der Ruheperiode der gemässigten Klimate verharren dessen Zellen in dem cambialen Zustande, um dann bei dem Erwachen der Vegetation im ganzen Umfange von Neuem die verschiedenen Elemente des Gefässbündels zu entwickeln. In der Regel sind es nur wenige, oft nur eine oder zwei Zellenreihen, welche im Cambiumzustande verharren, während die diesem zunächst gelegenen Zellenreihen eine Umbildung erleiden, die in Bezug auf die Verdickung der Zellstoffhülle sowie auf die räumliche Ausdehnung des Lumens meistens nur unbedeutend ist. So gleichen die dem Cambium zunächst gelegenen Zellen diesem noch fast vollkommen, zeichnen sich aber nach der Anwendung von Chlorzinkjodlösung sofort vor ihnen aus, indem ihre jüngsten Ablagerungsschichten Zellstoffreaction zeigen, während die wahren Cambiumzellen ungefärbt bleiben.

Holz- und Basttheil des Gefässbündels sind in dieser Gruppe am vollständigsten entwickelt (Fig. 120) und deren drei Elemente treten weit entschiedener hervor, als dies bei dem Gefässbündel der krautartigen Gewächse der Fall ist. Wir werden uns daher hier etwas eingehender mit denselben zu beschäftigen haben.

Zum Studium der verschiedenen Zellenarten und der Stellung, welche sie zu einander in dem nur von den Markrindenstrahlen, soge-

Digitized by Google

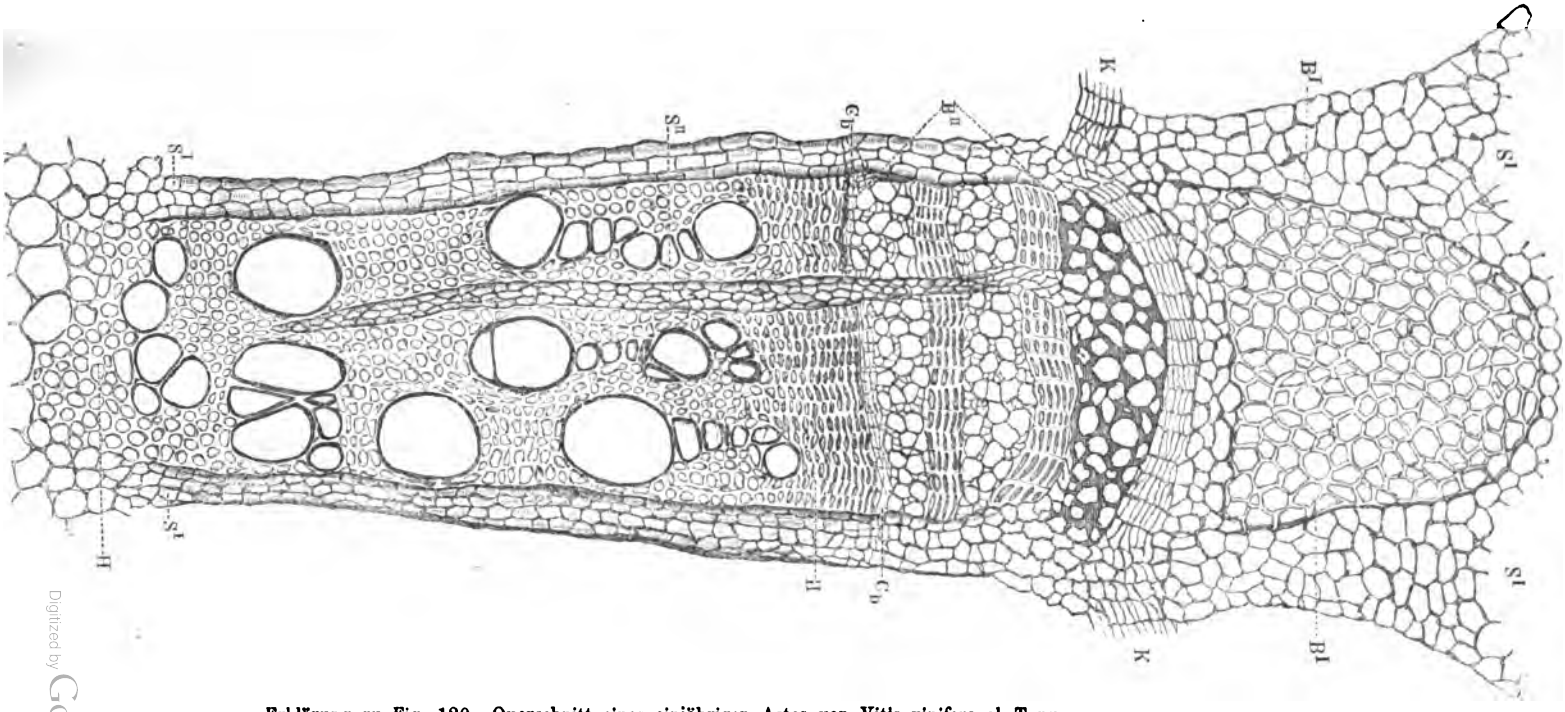


Fig. 120. R

Erklärung zu Fig. 120. Querschnitt eines einjährigen Astes von Vitis vinifera als Typus des Gefässbündels der dikotyledonen Holzgewächse. *R* Rinde, B^{I} primäres Bastbündel, *K* Korkgewebe, B^{II} nachgebildeter Bast, *Cb* Cambium, *HH* Holztheil, S^{I} Markrindenstrahlen, S^{II} Bündelstrahlen (siehe Seite 256), *M* Mark. Vergr. 1 : 100.

Digitized by Google

nannten primären Markstrahlen (Fig. 120, S^{I}) ganz durchsetzten, von den später aus dem Cambiumringe neben den übrigen Elementen hervorgegangenen Bündelstrahlen, secundären Markstrahlen (Fig. 120, S^{II}) bis auf grössere oder geringere Tiefe zerklüfteten zusammenhängenden Gefässbündelkreise einnehmen, bedarf es nächst dem Querschnitte zweier Längsschnitte. Der eine muss parallel den Markstrahlen, der andere senkrecht gegen diese geführt werden (radialer und tangentialer Längsschnitt). Ausserdem gewähren — namentlich für die Kenntniss des Baues der einzelnen Zellenarten – die Macerationpräparate, welche man hier am leichtesten vermittelst der Anwendung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali erlangt, ganz erhebliche Aufschlüsse.

Holztheil des Gefässbündels.

Holzfasern. — Die Faserzellen des Holztheiles, Holzfasern, Holzzellen, welche aus den langgestreckten parenchymähnlichen, höchstens stumpf gespitzten Cambiumzellen hervorgegangen sind, erhalten ihre faser- oder spindelförmige Gestalt in Folge der nach ihrer Entstehung stattfindenden Ausdehnung in die Länge, wodurch ihre Querscheidewände sich seitlich aneinanderlegen und je zwei übereinanderliegende Zellschichten ineinandergreifen. Dieselben zeigen in ihrem ausgebildeten Zustande mannigfache Verschiedenheiten in Bezug auf die Mächtigkeit der Verdickung ihrer Wände sowohl, als auf die Form der secundären Verdickungsschichten.

Eine Trennung in verschiedene Systeme und eine besondere (nicht einmal glücklich gewählte) Benennung dieser keineswegs auf wesentlichen Unterschieden beruhenden Modificationen der Holzfasern halte ich aber zur Zeit weder für begründet, noch für nothwendig; im Gegentheil verlieren wir uns damit in eine Zersplitterung der Elementarorgane, die nur zu Verwirrungen führt. Zunächst ist eine strenge Durchführung dieser versuchten Trennung nach meinen ziemlich umfangreichen Untersuchungen, ohne der Natur Zwang anzuthun, histiologisch nach keiner Seite hin durchzuführen, und dann stehen uns über das physiologische Verhalten der einzelnen Elemente des Holzkörpers noch lange nicht die Erfahrungen zu Gebote, welche uns mit einem Haupteintheilungsgrunde zu versorgen im Stande wären.

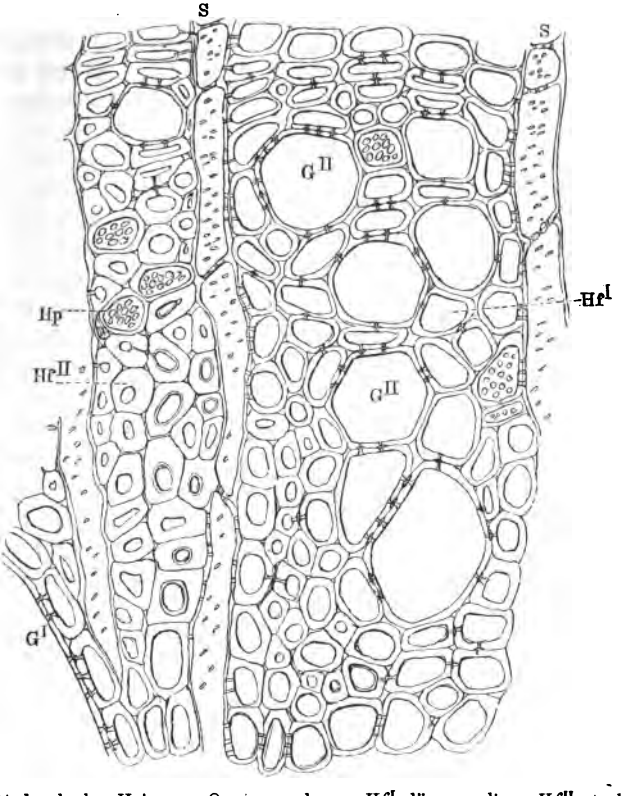
Alles, was wir vorläufig bei unseren Beobachtungen in histiologischer Beziehung thun können, ist, dass wir auf die Verschiedenheiten in der Formenbildung und dem chemischen Verhalten der Zellstoffhülle achten und dann nach den nöthigen Anknüpfungspunkten für das physiologische Verhalten suchen, welches etwa in einer gefundenen Formverschiedenheit begründet sein könnte. Letzteres ist aber bis jetzt nur in Bezug auf zwei jener Modificationen der Holzzellen geschehen, worauf wir gleich zurückkommen werden.

Was die Mächtigkeit der Verdickungsschichten betrifft, so findet in

Digitized by Google

der Regel eine ansehnliche Verschiedenheit zwischen den Holzzellen des inneren (Frühlingsholz) und äusseren Theiles (Herbstholz) der Jahresringe statt, indem die letzteren weit stärkere secundäre Verdickungsschichten entwickelt haben, als die ersteren. Dieser Unterschied tritt besonders merklich nur bei den härteren Laubholzarten und auch dann nie so stark wie bei den Nadelhölzern (siehe weiter unten) hervor, bei denen die Wandung der Herbstholzzellen oft mehr als um das Doppelte dicker ist, als die der Frühlingsholzzellen. Häufig genug ist indessen die Stellung in dem Jahresringe in dieser Beziehung kaum von erheblicher Bedeutung, und es zeichnen sich die Zellen des Herbstholzes nur durch ihre in radialer Richtung zusammengedrückte Gestalt aus, was sie anscheinend stärker verdickt erscheinen lässt. Auf der anderen Seite finden wir unabhängig von der eben berührten Stellung einen oft sehr bedeutenden Unterschied in der Wandverdickung. Hier sind es grössere oder kleinere, meistens gefässlose Gruppen des Holzkörpers, welche sich

Fig. 121.



Querschnitt durch das Holz von Quercus robur. Hf^{I} dünnwandige, Hf^{II} stark verdickte Holzfasern, G^{I} grosse, G^{II} kleine zwischen den dünnwandigen Holzzellen liegende Gefässe. Vergr. 1 : 100.

Digitized by Google

entweder in mit gefässführenden Gruppen dünnwandiger Holzfasern wechselnden unregelmässig zerstreuten Gruppen (Fig. 121, *Hf*^{II}), oder in mehr regelmässigen, tangentialen oder radialen Bündeln angeordnet finden, deren Zellen eine, oft bis zum Verschwinden des Lumens gehende Verdickung der Zellstoffhülle zeigen, indem ihre secundären Verdickungsschichten in sehr bedeutender Mächtigkeit entwickelt sind (Quercus, Spartium, Urostigma, Ficus). Eine eigentliche Schichtung lässt sich nur in einzelnen Fällen in diesem Theile der Zellstoffhülle beobachten und es erscheinen dann die weicheren und dichteren Lamellen derselben Schicht nur äusserst wenig verschieden. Dagegen beobachtet man in dieser Partie der Wandung oft jene schon weiter oben beschriebene, von derjenigen der primären Zellstoffhülle, von welcher sie in der Regel scharf abgegrenzt erscheint, ganz abweichende gallertartige Beschaffenheit des Zellstoffes.

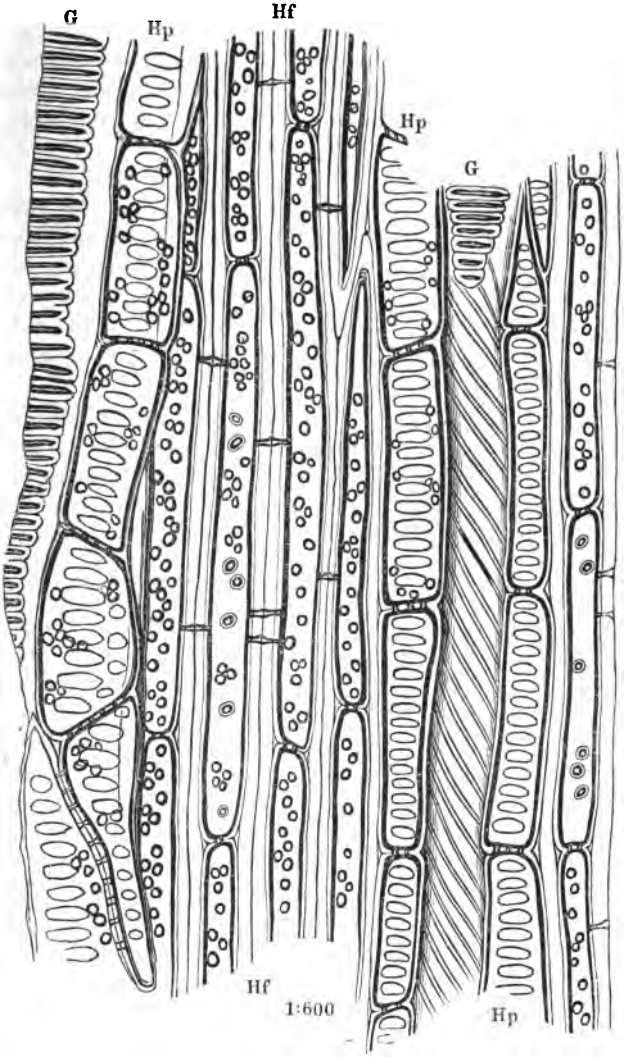
Die Configuration der Verdickungsschichten ist entweder auf die poröse beschränkt, oder es findet sich neben den Poren noch eine spiralige Verdickung in den jüngsten Schichten ein.

Die Poren sämmtlicher Holzzellen sind behöft. Allerdings ist der Hof bei sehr kleinen Poren und stark verdickter Wandung nur schwer zu erkennen. Dennoch aber kann er einer aufmerksamen Beobachtung nicht entgehen (Fig. 121 und 122). Die kleinsten, in der Regel auch mehr vereinzelt, aber allseitig vorkommenden Poren erscheinen stets bei den oben erwähnten, stärker verdickten Holzzellen des äusseren Theiles der Jahresringe sowohl, als der durch die Jahresringe verbreiteten Gruppen und Bänder, während sich die grösseren Poren in dem Frühlingsholze, wo sie in der Regel nur auf den radial verlaufenden Wandungen auftreten, sowie in den minder stark verdickten, die Gefässe begleitenden Holzzellen finden. Der Hof der grösseren wie der kleineren Poren besitzt im Allgemeinen eine kreisrunde, seltener eine elliptische Form. Der Porencanal dagegen ist meistens spaltenförmig und in der Richtung einer nach links aufsteigenden Spirale schief gestellt; in selteneren Fällen hat er eine annähernd kreisförmige Gestalt. Die in der Jugend immer geschlossenen Poren treten bei allen jenen Holzzellen, welche nur unter sich oder mit Gefässen in Verbindung stehen und in ihren späteren Lebensperioden Luft führen, durch die Resorption der Scheidewand mit einander in offene Verbindung. Dagegen bleibt bei jenen echten Holzzellen (Clematis, Sambucus, Berberis, Hedera etc.), welche auch in späterem Alter der Aufspeicherung von Stärke oder anderen Reservestoffen dienen, sowie bei den mit Markstrahlen oder Holzparenchym in Verbindung stehenden Holzzellen die Scheidewand erhalten. Bei einigen Pflanzengattungen (Vitis, Hedera, Punica, Rhus, Rubus etc.) tritt ausserdem, nachdem der Verdickungsprocess der stärkeführenden Holzzellen schon fast vollendet ist, eine Neubildung von Zellen ein, wodurch das Lumen einer jeden derselben in zwei oder mehrere parenchymatische Zellen getheilt und dieselbe zur sogenannten *gefächerten* Holzzelle wird (Fig. 122, *Hf*)

Digitized by Google

Diese gefächerten Holzzellen bilden gleichsam einen Uebergang zu dem eigentlichen Holzparenchym, das in seiner Entstehungsweise manche Uebereinstimmung mit ihnen zeigt.

Fig. 122.



Längsschnitt durch das Holz von Vitis vinifera mit gefächerten Holzfasern *Hf* und die Gefässe umlagerndem Holzparenchym. Vergr. 1 : 600.

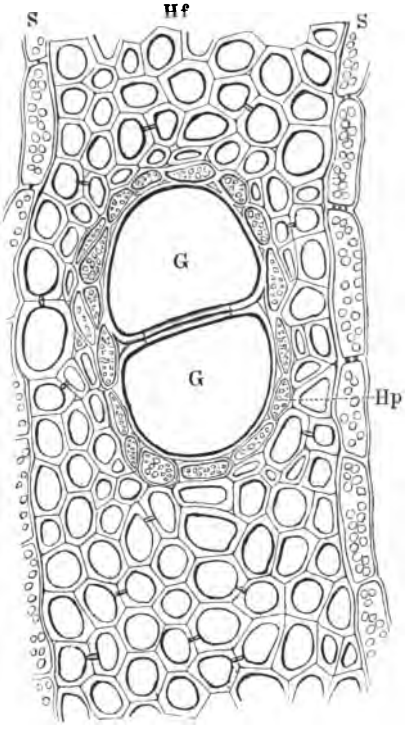
Die spiralförmige Verdickung ist im Ganzen ziemlich verbreitet und begegnen wir derselben, wiewohl seltener, sowohl bei den stärker ver-

Digitized by Google

dickten, als auch bei den minder stark verdickten Holzzellen. In seltenen Fällen bildet dieselbe ein schmales, nur der jüngsten Verdickungsschicht angehörendes Band (Lonizera, Daphne; häufiger nimmt sie die Form eines sehr breiten, schon in den älteren Hüllschichten auftretenden Bandes an (Viscum), welches nur schmale, immer mit den Porencanälen zusammentreffende, unverdickte Stellen zwischen sich lässt. Oefter nähern sich diese breiteren Bänder stellenweise so sehr, dass sie miteinander verschmelzen und schmale, spaltenförmige Streifen entstehen, deren Entstehung aus den ersteren man erst nach der Anwendung von auflockernden Reagentien zu erkennen im Stande ist.

Holzparenchym. — Die parenchymatosen Zellen des Holzkörpers, das Holzparenchym, fehlt mit wenigen Ausnahmen [Berberis, Mahonia (Sanio), Drimys, Winteri (Schacht)] kaum einer dikotylen Holzpflanze.

Fig. 123.



Theil eines Querschnittes durch das Holz von Vitis vinifera. Vergr. 1 : 400.

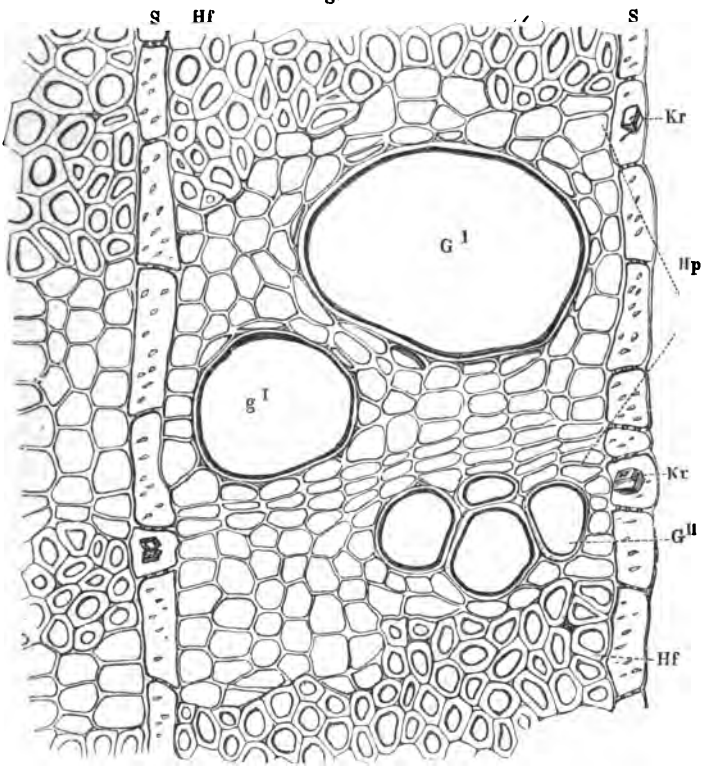
Es zeichnet sich durch eine minder starke Verdickung seiner Wandungen sowie dadurch aus, dass seine unbehöften Poren immer geschlossen sind und die spiraligen Verdickungsschichten gänzlich fehlen.

Die Stellung des Holzparenchyms inmitten der anderen Elemente des Holzkörpers ist verschieden. Bald erscheint es in unmittelbarer Nähe der Gefässe, dieselben in einfachen Lagen (Fig. 123), oder in grösseren mehr oder minder ausgedehnten Gruppen umgebend (Fig. 124), bald bildet es zusammenhängende, in tangentialen, concentrischen, ein- bis mehrzelligen Reihen angeordnete Binden (Fig. 125, I. und II., a. S. 238), bald findet es sich einzeln oder in kleinen Gruppen mehr unregelmässig zerstreut zwischen den dünnwandigen, nicht selten aber auch zwischen dickwandigen Holzzellen (Fig. 126, a. S. 239). Auf dieses Vorkommen, für das der Querschnitt in der Regel genügende Auskunft gewährt, ist na-

Digitized by Google

mentlich überall da zu achten, wo es die genaue histiologische Charakterisirung einer Holzart gilt.

Fig. 124.



Querschnitt durch das Holz von Robinia Pseud-acacia. Vergr. 1 : 400. G^{I} Gefässe des inneren, G^{II} des äusseren Theiles der Jahresringe, *Kr* Krystalle von oxalsaurem Kalke.

Die Entstehung des Holzparenchyms, über welche man sich am sichersten mittelst radialer und tangentialer Längsschnitte durch die Cambiumregion die erforderlichen Aufschlüsse verschaffen kann, erfolgt in dreierlei Weise. Bei solchen Pflanzen, wo die cambialen Zellen in ihrer späteren Entwickelung gar keine oder nur eine sehr unbedeutende Ausdehnung in die Länge erleiden, bilden sich bestimmte Cambiumzellen unmittelbar in Holzparenchymzellen um (Viscum). Bei anderen Gewächsen erleiden manche Cambiumzellen schon als solche eine Theilung in die Quere (Ficus, Urostigma, Spartium), und es geht daraus jenes oft kurz faserähnliche Holzparenchym hervor, bei dem man die Mutterzelle als solche nicht mehr erkennt. Endlich, und dies ist der häufigere Fall, theilen sich gewisse aus dem Cambium in den Holzkörper hinübergetretene jugendliche Faserzellen, nachdem sie bereits ihre primäre Zellstoffhülle abgeschieden haben, in eine bis mehrere Toch-

Digitized by Google

terzellen. Aus diesen Theilungsprocessen entsteht dann jenes am weitesten verbreitete Holzparenchym, bei dem die Tochterzellen noch durch die Faser-Mutterzelle zusammengehalten werden (Fig. 122, S. 235). Bei den oben in zweiter Linie genannten Gewächsen (Ficus, Spartium etc.) kommen beide

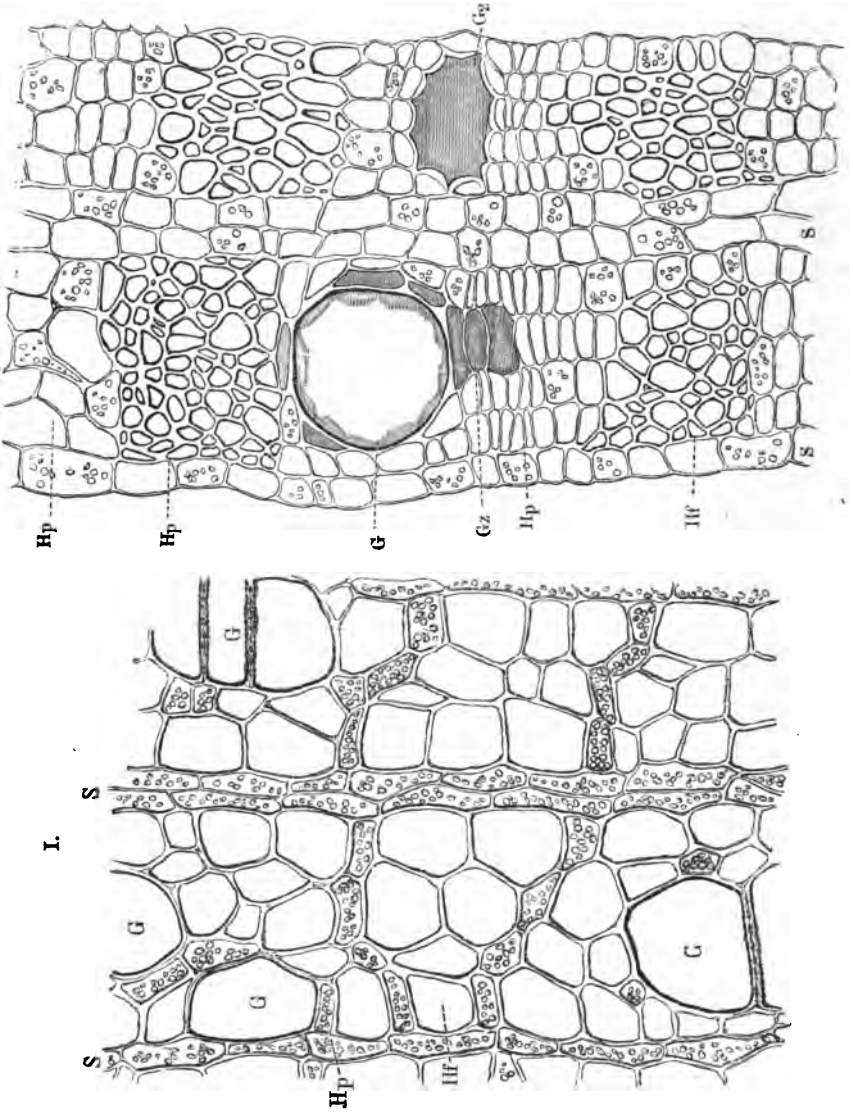


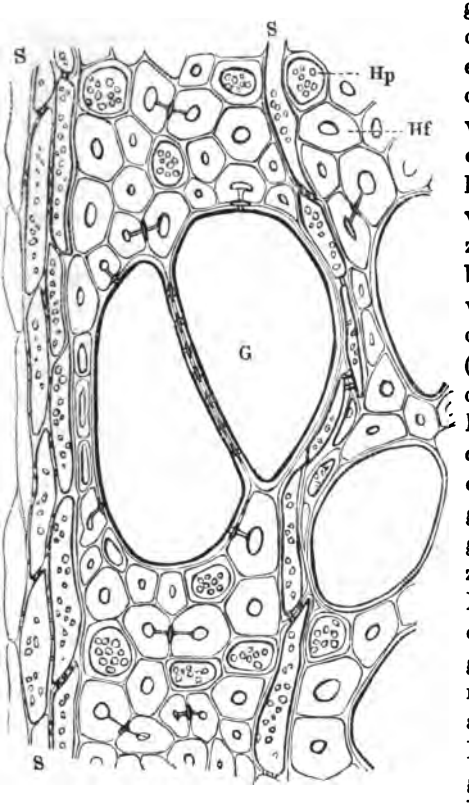
Fig. 125. I. Querschnitt durch das Holz von Tilia grandifolia. Vergr. 1 : 400. — II. Desgleichen von Erythrina spec. *Gz* Zellen und Gang, welche eine gummiartige Substanz enthalten. Vergr. 1 : 200.

Theilungsvorgänge — indessen ganz sicher ohne bestimmte Regel — vor, weshalb sich sowohl zu einer grösseren Faserzelle vereinigte, als auch vereinzelte Holzparenchymzellen beobachten lassen. Diese letzteren Zellen von den

Digitized by Google

ersteren zu trennen, wie es neuerdings geschehen ist, dazu liegt durchaus kein Grund vor, da beide in ihren Functionen zunächst vollständig übereinstimmen und ebensowenig ihr Bau wesentliche Verschiedenheiten zeigt.

Fig. 126.



Parthie eines Querschnittes durch das Holz von Fagus sylvatica. Vergr. 1 : 400.

Wo die betreffenden Stengelglieder nach der Entstehung dieser Zellen noch eine Längenerstreckung erfahren, da werden die horizontalen Scheidewände allerdings oft unter einem ziemlich schiefen Winkel geneigt, ohne aber eine völlig faserartige Zuspitzung zu erleiden. Wo diese scheinbar auftritt, ist sie nicht sowohl ein Naturproduct, als durch die Präparationsweise (Maceration und Zerren mit der Nadel) hervorgebracht. Die Form der secundären Verdickungsschichten und der Bau der Poren ist schon am Eingange im Allgemeinen hervorgehoben und es bleibt nur noch zu erwähnen, dass sich die Häufigkeit der Poren sowie deren Grösse nach der Umgebung des Holzparenchyms richtet. Wo dieses an Gefässe angrenzt, da zeigen sich die Poren zahlreicher und sind grösser, und zwar so, dass ihre Dimensionen den Höfen der dem Gefässe angehörigen Poren entsprechen. Dagegen beobachtet man überall da, wo Holzparenchymzellen nur untereinander oder mit Markstrahlenzellen in Verbindung stehen, spärlichere und kleinere Poren.

Das Verhalten der Zellstoffhülle sämmtlicher Holzparenchymzellen gegen Jod und Schwefelsäure sowie gegen Chlorzinkjod liefert den Beweis, dass der Verholzungsprocess ganz in derselben Weise erfolgt, wie bei der vorhergehenden Zellenart. Die primäre Zellstoffhülle sowie die secundären Verdickungsschichten sind immer verholzt; die tertiäre Verdickungsschicht dagegen zeigt nach längerer Einwirkung des Reagenses immer Zellstoffreaction, ist also gar nicht oder doch minder vollständig verholzt als jene. Ueber das Verhalten der ursprünglichen Zellmembran (des Primordialschlauches) habe ich mich noch nicht mit voller Sicherheit

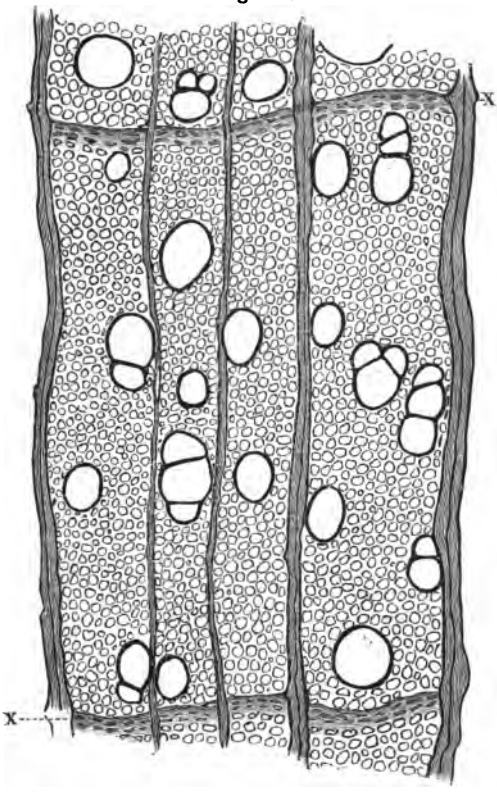
Digitized by Google

überzeugen können. Ich habe indessen Grund zu vermuthen, dass dieselbe mindestens in vielen Fällen erhalten bleibt, aber nach der Abwickelung des Verdickungsprocesses mit der innersten Verdickungsschichte so innig verwächst, dass sie sich nicht unverletzt davon trennen und ebensowenig mit Bestimmtheit für sich beobachten lässt. Ich werde indessen meine Untersuchungen in dieser Richtung fortsetzen und empfehle denjenigen, welche sich dazu geneigt finden, die Behandlung mit Salpetersäure etwa unter Anwendung gradweiser Erwärmung als ein Mittel, was wohl am ehesten zum Ziele führen möchte.

Holzgefässe. — Die Röhrenzellen des Holzkörpers bilden in ihrer von der Auflösung der Querscheidewände begleiteten Verschmelzung in axialer Richtung das als Gefässe bezeichnete Elementarorgan.

Ueber ihren Bau im Allgemeinen ist schon in dem vorhergehenden Abschnitte gehandelt worden und bleiben hier nur noch einige Einzelheiten zu berühren, auf die man bei der Untersuchung des Holzkörpers der Dikotyledonen zu achten hat.

Fig. 127.



Querschnitt durch das Holz von Betula alba; *x*, *x* Grenzen der Jahresringe. Vergr. 1 : 100.

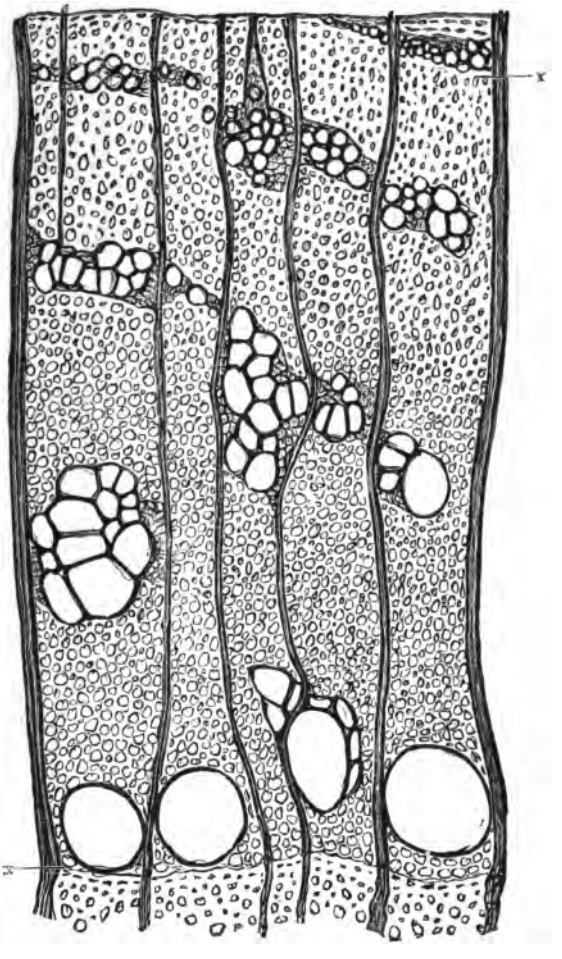
Was zunächst den Ort anbelangt, welchen die verschiedenen Formen in dem Gefässbündel einnehmen, so ist durch vielfältige Untersuchungen dargethan, dass von denselben jene drei Gefässformen, welche wir als Ringgefässe, Spiralgefässe und netzförmige Gefässe kennen, ihren Platz in der Nähe des Markes, und zwar in dem jüngsten Theile der primären Bündel einnehmen, während in den älteren Theilen der primären Gefässbündel sowohl als in dem zwischen diesen später entstandenen Holztheile nur behöft poröse Gefässe vorkommen.

Die Vertheilung in den Jahresringen unterliegt dabei mannigfachen Modificationen. Seltener sind die Gefässe annähernd gleichmässig über alle Theile verbreitet (Fig. 127).

Digitized by Google

Am zahlreichsten, entweder einzeln oder in kleineren, hie und da (Spartium, Ulmus u. s. w.) auch in grösseren Gruppen beisammen stehend, treten dieselben in dem inneren und mittleren Theile des Jahresringes, in dem sogenannten Frühlingsholze auf (Fig. 128). In dem äusseren Theile

Fig. 128.



Querschnitt durch das Holz von Ulmus campestris. *x x* wie Fig. 127. Vergr. 1 : 100.

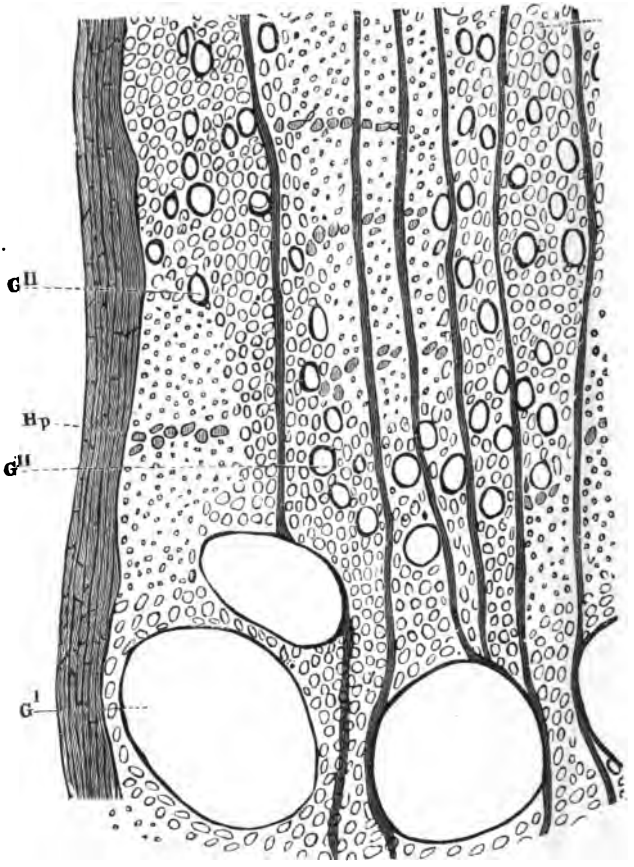
desselben, in dem Herbstholze, fehlen sie oft fast gänzlich und finden sich nur ganz vereinzelt (Fraxinus), oder sie bilden mit den weiteren dünnwandigen Holzzellen und dem Holzparenchym untermischte Gruppen (Quercus), welche mit Gruppen aus dickwandigen Holzfasern, denen die Gefässe fehlen, abwechseln (Fig. 129). Mit dieser Vertheilung verknüpft sich ferner noch der Umstand, dass die Gefässe des Frühlingsholzes in

Digitized by Google

der Regel ein weit bedeutenderes Lumen besitzen, als diejenigen des Herbstholzes.

Für die Charakteristik der verschiedenen Holzarten sind diese Ver-

Fig. 129.



Querschnitt durch das Holz von Quercus robur. G^{I} grosse Gefässe des inneren Theiles der Jahresringe, G^{II} kleine, die dünnwandigen Holzzellen begleitende Gefässe. Vergr. 1 : 100.

hältnisse, neben der Vertheilung der verschiedenen Modificationen der Holzzellen sowie des Holzparenchyms von Wichtigkeit, und hat man daher bei jeder in die Histiologie des Holzkörpers einschlagenden Untersuchung demselben die erforderliche Aufmerksamkeit zu widmen und namentlich Quer- und Längsschnitt aus verschiedenen Regionen der Stammkreisfläche, wie aus verschiedenen Höhen, aus Ast- und Wurzel-

Digitized by Google

holz zu beobachten, und diese Beobachtungen, wenn erforderlich, mit vergleichenden Messungen zu verbinden.

Die Gestaltungsverhältnisse der mit einander verbundenen Röhrenzellen selbst angehend, so ist zunächst auf die Durchbrechung ihrer Querscheidewände Rücksicht zu nehmen, und hat man namentlich auf das Vorkommen der sogenannten leiterförmigen und porösen Durchbrechung zu achten und zu erforschen, ob in dem Holzkörper einer Pflanze nur die eine oder die andere, oder ob beide Formen nebeneinander und in welchem Verhältnisse sie vorkommen. So beobachtet man z. B. bei Viburnum, Carpinus, Betula etc. nur leiterförmige, bei Quercus, Fraxinus, Clematis etc. nur poröse Durchbrechungen, während z. B. bei Lonicera Caprifolium, Platanus orientalis und Fagus sylvatica beide nebeneinander vorkommen.

Die Form der Verdickungsschichten verdient nicht nur Berücksichtigung im Allgemeinen, sondern es sind vorzugsweise auch jene Modificationen zu beachten, welche dieselbe gemäss der sie umgrenzenden Elemente des Holzkörpers erleidet. Es genügt zur Kenntniss dieser letzteren daher nicht, dass man die Gefässe nur nach einer Richtung hin betrachtet, sondern man muss sich eine möglichst allseitige Anschauung von denselben zu verschaffen suchen. Neben dem radialen und tangentialen Längsschnitte sind es daher vorzugsweise die Macerationspräparate, welche die erforderlichen Aufschlüsse gewähren, wenn man die einzelnen Gefässzellen unter dem Mikroskope um ihre Längsachse wendet und sie so von verschiedenen Seiten betrachtet.

Im Allgemeinen lassen sich die Formverschiedenheiten, welche in dieser Beziehung auftreten, in Folgendem zusammenfassen. Bei den einfach, d. h. nur in einer — hier der rund-, seltener länglich- (treppenförmig) behöft porösen — Form verdickten Gefässen erscheinen die Poren auf jenen Seiten am zahlreichsten, wo Gefässe an Gefässe oder an die dünnwandige Form der Holzzellen angrenzen. Hier erscheint der Hof der Poren zugleich am grössten und es verkleinert sich derselbe in entsprechender Weise, wo Gefässe an die dickwandigen Holzzellen angrenzen, während die Anzahl der Poren den Poren der umgebenden Zellen gemäss eine spärlichere wird. Die in die Quere gezogenen Poren nehmen dabei eine mehr rundliche Form an (Vitis vinifera). In beiden Fällen sind die Poren stets offen, d. h. die Scheidewand ist resorbirt. Grenzen Gefässe dagegen an stärkeführende Holzfasern, Holzparenchym oder Markstrahlen, so sind zunächst ihre Poren immer geschlossen. Im Sonstigen tritt ein ähnliches Verhalten ein, wie wir es bei den Holzzellen geschildert haben. Der Porus behält nämlich entweder ganz und gar seine normale Form bei, so dass bloss der Hof mit der Grösse der Poren des angrenzenden Elementes übereinstimmt, sich also etwaigen Falles nur etwas vergrössert oder verkleinert, während der Porencanal seine Dimensionen gar nicht ändert, oder es erweitert sich dieser letztere, so dass

Digitized by Google

der Hof beinahe verschwindet, ohne aber dass der Pore (des Gefässes) zur Form des einfachen zurückkehrt, wie das neuerdings behauptet wurde. Wo gemischte Verdickungsformen erscheinen, wo also neben den Poren noch Spiralbänder vorkommen, da verschwinden diese letzteren hie und da gänzlich an jenen Seiten der Gefässe, wo sie an Holzparenchym oder Markstrahlen stossen, während sie oft allein zurückbleiben, oder doch die Poren sehr spärlich werden, wo jene von den spärlich porösen, stark verdickten Holzzellen umgeben werden.

Die Verholzung der Gefässwände erfolgt in der Regel schon frühzeitig und sehr vollständig durch alle Verdickungsschichten, welche hier nur selten in bedeutender Mächtigkeit entwickelt sind. Dieselben führen daher auch nur in der ersten Zeit ihres Lebens Säfte, während sie schon bald mit Luft erfüllt erscheinen. Nur in vereinzelten Fällen findet man in den Gefässen gummi- und harzartige oder milchsaftähnliche Substanzen oder Farbstoffe (Periploca, Nerium, Angelica, Prunus, Chenopodium, Farbehölzer etc.), die aber ursprünglich sicher nicht in denselben enthalten waren, sondern aus den einzelnen Gewebeelementen in sie übergetreten sind.

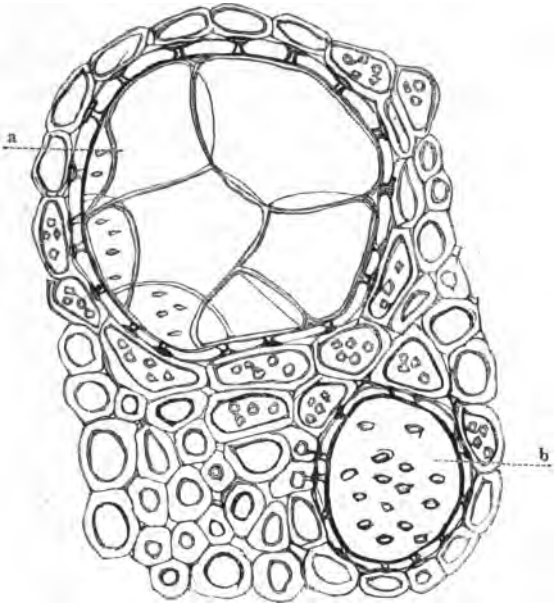
Die Entstehung der Gefässe verfolgt man in dem Cambium des Gefässbündels. Aus diesem gehen sie entweder direct hervor, indem die hierzu bestimmten Zellen sich unmittelbar in Röhrenzellen umbilden, oder es erleiden die cambialen Zellen vorher noch eine Quertheilung und erfahren dann erst ihre weitere Umbildung. Eine solche Theilung der cambialen Gefässzellen, die sich schon durch eine grössere Weite vor den übrigen auszeichneten, habe ich bis jetzt bei Paulownia imperialis, Balsamina hortensis und Cucurbita pepo, sowie bei Brugmannsia suaveolens beobachtet, glaube aber, dass sie weiter verbreitet sein und sich namentlich bei allen jenen Pflanzen finden dürfte, deren Gefässe aus sehr kurzen Röhrenzellen zusammengesetzt sind.

Füllzellen, Thyllen. — Bei älteren Gefässen findet sich oft eine eigenthümliche Zellenbildung in dem Inneren, indem sie ganz von zartwandigen, rundlichen oder polyëdrischen Zellen (Füllzellen, Thyllen) ausgefüllt werden. Ich habe diese Erscheinung bei Urostigma, Nerium, Cucurbita, Vitis, Robinia u. s. w. beobachtet und mich davon überzeugt, dass die Bildung dieser Zellen mindestens zum Theil von den umgebenden Parenchymzellen ausgeht, deren Wände an den betreffenden Stellen durch die Poren in das Gefäss hineinwachsen, während sich in den Anstülpungen neue Zellen bilden und durch Theilung vermehren. Ob diese Zellen im jüngeren Zustande nicht auch in dem Gefässe selbst unmittelbar aus der betreffenden Röhrenzelle entstehen, habe ich zwar nicht direct beobachtet, doch glaube ich auf diese Entwickelungsweise aus manchen fertigen Zuständen solcher Ausfüllungen, namentlich auch in den zarten Bastgefässen mancher Monokotyledonen, z. B. Calamus u. s. w., schliessen zu dürfen. Es scheint dieselbe auch keineswegs unmöglich zu sein, indem

Digitized by Google

von den jungen Mutterzellen aus alle Bedingungen zu einer derartigen Umbildung gegeben sind.

Fig. 130.



Querschnitt von Vitis vinifera, welcher zwei Gefässe mit Füllzellen enthält. Bei *a* ein weites Gefäss mit zahlreichen Zellen, bei *b* die obere Wand einer der die ganze Weite des Gefässes einnehmenden, senkrecht über einander stehenden Zellen. Vergr. 1 : 400.

Basttheil des Gefässbündels.

Bastfasern. — Die Faserzellen des Basttheiles: Bastfasern, Bastzellen, gehen gleich denen des Holzkörpers aus dem Cambium, und zwar aus dessen nach der Rinde gewendeten Seite hervor. Man kann ihre Entstehung daher gleichzeitig mit jener der Holzfasern, Holzgefässe etc. verfolgen. In der Mehrzahl der Fälle wird man sich davon überzeugen können, dass sie unmittelbar aus den Zellen des Cambiums hervorgehen. Es giebt indessen auch unzweifelhafte Fälle, wo dieselben, wie dies von Schacht nachgewiesen wurde, durch Verschmelzung mehrerer cambialen Zellen gebildet werden. Letzteres scheint manchmal da der Fall zu sein, wo das Cambium verhältnissmässig kurze Zellen hat, während die Bastzellen einen sehr bedeutenden Längendurchmesser besitzen (Carica papaya und microcarpa). Indessen können auch aus verhältnissmässig kurzen Cambiumzellen sehr lange Bastzellen direct hervorgehen, indem deren Längenwachsthum jenes der übrigen Elemente des Gefässbündels bedeutend überwiegt.

Digitized by Google

Die Form der Bastzellen unserer ausdauernden Gewächse ist in der Regel eine rein spindelförmige. Nur in selteneren Fällen nähert sich dieselbe dem langgestreckten Parenchym, indem bei verhältnissmässiger Kürze an Stelle der endlichen Zuspitzung geneigte oder nahezu horizontale Querscheidewände auftreten, so z. B. bei manchen Cacteen und Euphorbien, bei Brugmannsia (Fig. 131). Verzweigte Bastzellen treten namentlich bei den Asclepiadeen und Apocyneen, und zwar am häufigsten in deren Blättern auf (Hoya, Vinca) (Fig. 12, VI., Seite 64), während die des Stengels meistens unverzweigt sind, sich aber durch ihre eigenthümliche stellenweise bauchig angeschwollene und dann wieder oft bis zum Verschwinden des Lumens verengte Form auszeichnen (Fig. 41, I. u. II., Seite 117). Gefächerte, den gefächerten Holzzellen ähnliche Bastzellen habe ich bis jetzt nur bei den Cacteen, bei Vitis vinifera und Sambucus racemosa gesehen, während sie von Sanio auch noch an anderen Gewächsen beobachtet wurden.

Fig. 131.

Bastzelle aus der Wurzel von Euphorbia.

Die Wanddicke der Bastzellen ist mit Ausnahme weniger Pflanzen (Urtica, Vitis, hie und da bei Urostigma und den Solaneen) sehr bedeutend, indem die secundären Verdickungsschichten mächtig entwickelt erscheinen. Diese letzteren lassen, soweit meine Erfahrungen reichen, fast immer eine deutliche Schichtung erkennen, die um so entschiedener hervortritt, je grösser der Querdurchmesser der betreffenden Zellen und je stärker die secundären Schichten entwickelt sind. Auf dem Querschnitte sowohl als auf dem Längsschnitt erscheinen die secundären Verdickungsschichten häufig von einfachen oder verzweigten Porencanälen durchbrochen, welche bei einigen Pflanzen minder zahlreich, bei anderen dagegen sehr zahlreich auftreten (Clematis, Brugmannsia, Lysimachia etc.). Die Poren selbst, welche sich bald allseitig, bald nur auf den den Markstrahlen zugewendeten Seiten finden, sind, soweit ich erkennen konnte, scheinbar unbehöft, meist spaltenförmig rechtsläufig schief gestellt, oft der senkrechten Achse der Zelle fast parallel. Neben dieser Verdickungsform kommen auch die schon bei den Holzzellen erwähnten spiraligen Streifen vor, welche häufig in verschiedenen Richtungen verlaufen (Brugmannsia suaveolens, Fig. 42, S. 117) und namentlich nach der Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure, mit beinahe concentrirter Schwefelsäure, oder selbst mit Chlorzinkjod deutlich hervortreten. Eine sehr scharf ausgeprägte spiralige Anordnung der secundären Verdickungsschichten, welche je nach ihrer Lage in verschieden alten Schichten bald einen links aufsteigenden,

Digitized by Google

bald einen rechts aufsteigenden Verlauf nehmen und so die weiter oben Seite 117 näher beleuchtete, zierlich rhombenförmige Zeichnung hervorrufen, beobachtet man bei manchen Asclepiadeen und Apocyneen (Vinca, Sarcostemma, Nerium, Oleander).

Die chemische Beschaffenheit der Verdickungsschichten und der Grad ihrer Verholzung wechselt bei den Bastzellen nicht minder, als bei den Holzzellen. Ganz unverholzte, d. h. durch ihre sämmtlichen Schichten mit Chlorzinkjodlösung sich violett, mit Jod und Schwefelsäure sich blau färbende Bastfasern, habe ich nur bei den Asclepiadeen und Apocyneen gefunden. Andere Gewächse (Cytissus, Ficus, Urostigma, Acer etc.) besitzen dagegen verholzte primäre Zellstoffschichten, während die secundären ganz oder zum Theil, ebenso die tertiären Wandschichten unverholzt bleiben und die eben erwähnte Reaction liefern. Hier unterscheiden sich die letzteren auch in ihrem optischen Verhalten schon deutlich von der primären Wand, von der sie scharf abgesetzt erscheinen, durch ihr gallertartiges Aussehen. In der Mehrzahl der Fälle sind sämmtliche Verdickungsschichten vollständig verholzt und färben sich nach der Anwendung der oben genannten Reagentien lichter oder dunkler gelb bis gelbgrün.

Die Entstehung der Verdickungsschichten verfolgt man an lebhaft wachsenden Zweigen leicht, indem man stufenweise mittelst Quer- und Längsschnitten von den jüngsten Internodien aus nach den älteren herabsteigt. An solchen Pflanzen, welche concentrische Schichten von Bastfasern bilden, kann man diesen Vorgang während der Wachsthumsperiode auch in älteren Aesten und Zweigen verfolgen.

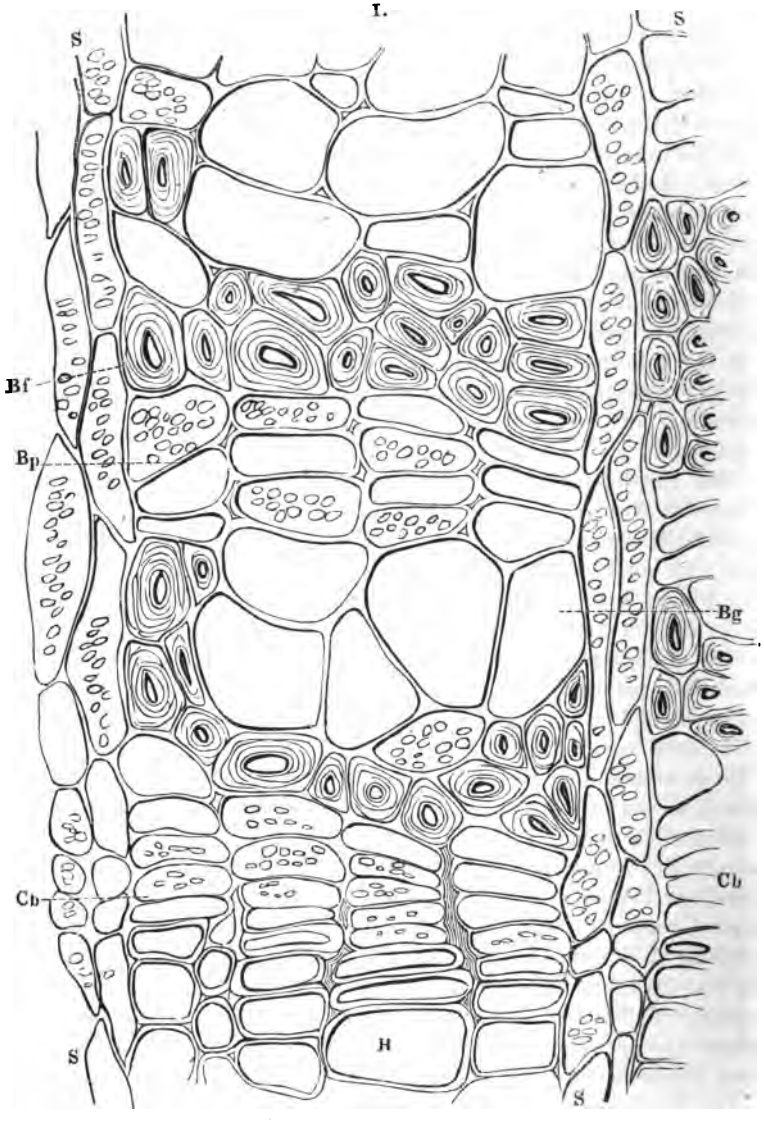
Die Anordnung der Bastzellen in dem Gefässbündel wechselt mannigfach. Bei manchen Pflanzen (Fagus, Betula etc.), die nur ein primäres Bastfaserbündel entwickeln, bilden dieselben kleinere oder grössere zusammenhängende Gruppen, welche auf der Grenze des Basttheiles gegen die Rinde stehen und seitlich bloss durch die nach dieser Seite sich häufig stark verbreiternden Markstrahlen getrennt werden; bei anderen, welche alljährlich oder doch mehrmals während ihres Lebens sämmtliche Elemente des Bastes nachbilden, bilden sie radial angeordnete ein- bis mehrzellige Reihen (Clematis, Vitis, Fig. 122, *L*), oder grössere gleichgeordnete Gruppen (Tilia, Bignonia), welche seitlich durch die Markstrahlen in radialer Richtung, aber durch zwischentretende Lagen von Bastparenchym und Bastgefässen getrennt werden (Fig. 132, I. u. II., a. folg. Seite). In manchen Fällen trifft man auch zu grösseren oder kleineren unregelmässigen Gruppen vereinigte oder ganz vereinzelt in dem Basttheile zerstreute Bastzellen (China, Asclepias, Hoya, Brugmannsia).

Der Inhalt der Bastfasern besteht für den grösseren Theil der Dikotyledonen in der Jugend aus einem protoplasmatischen körnigen Safte, in späterer Zeit aus Luft. Auch in den gefächerten Bastzellen habe ich bis jetzt keine Reservestoffe aufgefunden. Die Bastzellen der Asclepiadeen und Apocyneen dagegen führen auch noch dann, wenn sich

Digitized by Google

ihre Verdickungsschichten schon abgelagert haben, einen eigenthümlichen grünlichen Saft, den man lange Zeit für den eigentlichen Milchsaft dieser

Fig. 132.



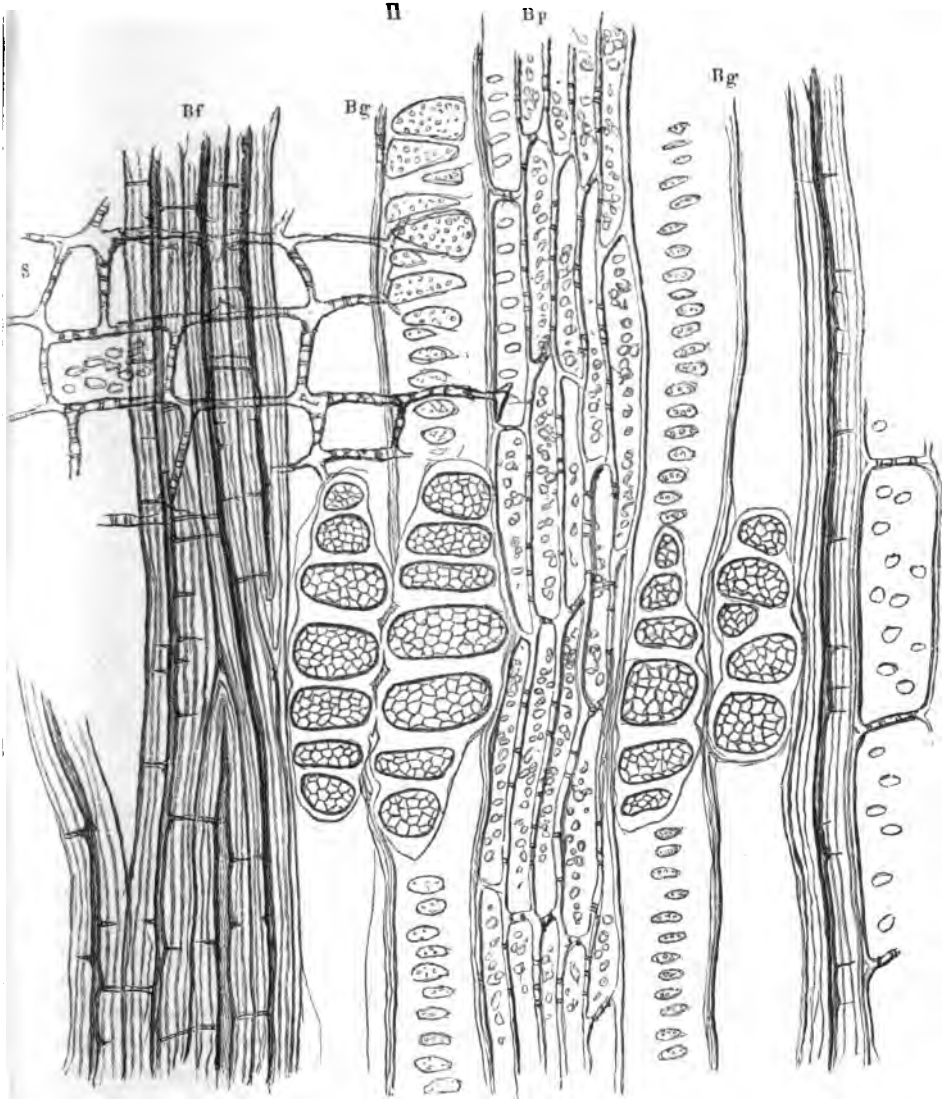
I. Querschnitt durch das Bastbündel von Tilia grandifolia. Vergr. 1 : 400.

Pflanzen gehalten hat. Jener Inhalt ist indessen, wie ich in meiner Niederländischen Preisschrift nachgewiesen habe, keineswegs mit dem in den

Digitized by Google

eigenthümlichen Bastgefässen enthaltenen Milchsafte identisch und verschwindet in älteren Zweigen sowie in dem Stengel bis auf einige ein-

Fig. 132.



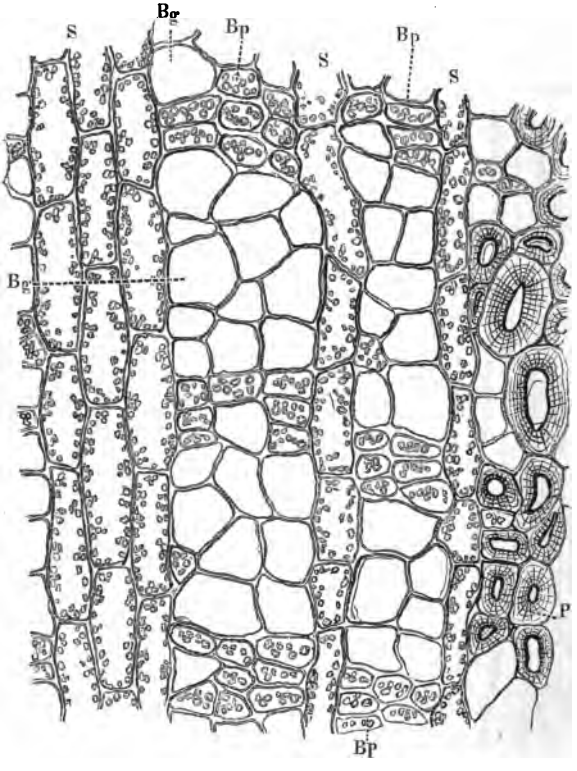
II. Längsschnitt durch das Bastbündel von Tilia grandifolia. Vergr. 1 : 400.

getrocknete Reste oder auch ganz und wird durch Luft ersetzt, während der letztere in seinen Gefässen enthalten bleibt.

Digitized by Google

Bastparenchym. — Das Bastparenchym, welches bald mit den Bastgefässen wechselnde, breitere oder schmälere tangentiale Binden bildet (Fig. 132 u. 133), bald mehr unregelmässig zwischen diese eingestreut

Fig. 133.



Querschnitt durch das Bastbündel von Betula alba. *P* stark verdickte und verholzte Parenchymzellen. Vergr. 1 : 400.

erscheint (Fig. 134), stimmt mit dem Holzparenchym sowohl in Bezug auf seine Entstehung, als auch auf seine Structur fast ganz überein. Die einzigen durchgreifenden Unterschiede, welche ich bis jetzt aufgefunden habe, bestehen darin, dass dessen Wandungen mit wenigen Ausnahmen minder stark verdickt sind als diejenigen der Holzparenchymzellen und dass seine hie und da ganz structurlosen Verdickungsschichten in der Regel unverholzt bleiben. Der Inhalt besteht während der Ruheperiode aus Stärke, die mit dem Beginn der Vegetation aufgelöst und durch die Markstrahlen (?) weiter geführt wird. In dem älteren Bastparenchym, welches dann häufig theilweise aus sehr kurzen, neben mehr gestreckten, stärkeführenden auftretenden Zellen besteht (Fig. 135), finden sich ausserdem fast bei allen von mir untersuchten Holzpflanzen ein oder

Digitized by Google

mehrere Krystalle oxalsauren Kalkes, welche dem monoklinischen oder schiefrhombischen Systeme angehören (Fig. 135, *Krp*). Nur bei einer

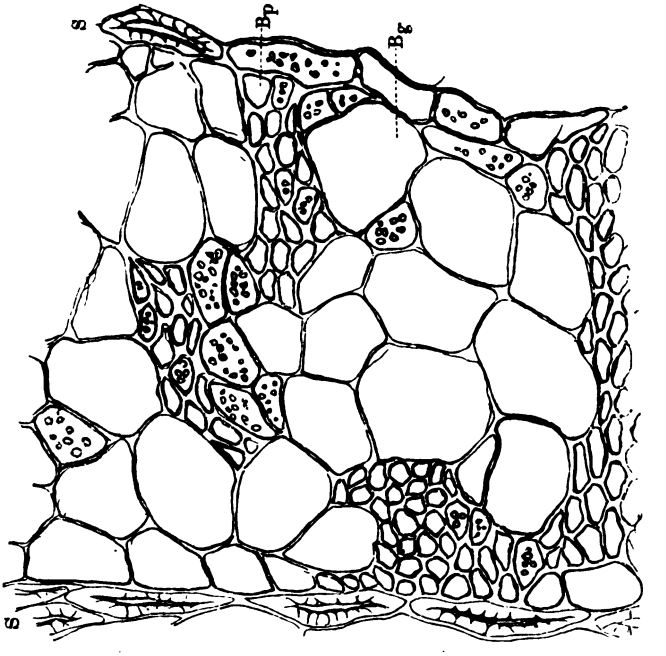


Fig. 134. Querschnitt durch das Bastbündel von Fagus silvatica. Vergr. 1 : 500.

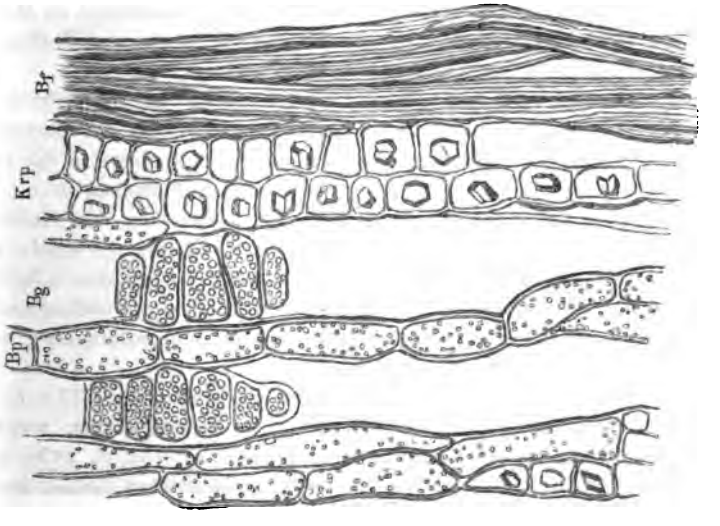


Fig. 135. Längsschnitt durch das Bastbündel von Populus pyramidalis. *Krp* Krystallparenchym. Vergr. 1 : 400.

einzigen der von mir untersuchten Pflanzen, nämlich bei Styloceros Kunthea, habe ich bis jetzt Krystallformen (Octaëder) des quadratischen Sy-

Digitized by Google

stemes gefunden, welche bekanntlich in der Rinde und dem Marke mancher Monokotyledonen (Commelineen, Liliaceen, Orchideen) häufig vorkommen.

Das Bastparenchym ist bis jetzt noch wenig untersucht und verdient einer eingehenderen Beachtung, namentlich auch in Bezug auf den Einfluss, welchen die umgebenden Elementarorgane und namentlich die Bastgefässe auf die Configuration seiner Wände ausüben. Bei manchen Pflanzen scheinen die an das letztere Element angrenzenden Wandungen immer glattwandig zu sein (Vitis, Pyrus, Sambucus etc.), bei anderen sind dieselben dagegen allseitig mit unbehöften Poren besetzt, mögen sie an gleichartige Zellen oder an Gefässe grenzen (Tilia, Betula, Fagus). Ob die mit den Poren der Gefässe correspondirenden Poren des Bastparenchyms gegittert sind, habe ich bis jetzt nicht mit voller Sicherheit constatiren können.

Bastgefässe. — Die Bastgefässe (Gitterzellen, Siebröhren), deren Stellung zu dem Gefässbündel und deren Vertheilung in Bezug auf die übrigen Elemente des Bastes man für die histiologische Charakterisirung der ausdauernden Gewächse die entsprechende Beachtung zuzuwenden hat, erscheinen in dem eigentlichen Basttheile des Gefässbündels bald mehr unregelmässig, einzeln oder in grösseren Gruppen (Fig. 134, a. v. S.) durch das Bastparenchym zerstreut (Clematis, Erythrina, Fagus, Acer), bald sind sie in ein- bis mehrreihige tangentiale, häufig einzelne Parenchymzellen aufnehmende Bänder geordnet (Bignonia, Tilia, Vitis etc.) (Fig. 119, 132 u. 133). In einzelnen Familien, z. B. den Asclepiadeen, Apocyneen und Solaneen, tritt vor jedem primären Gefässbündel im Marke ein von Bastparenchym und bei letzterer Familie auch von Bastfasern begleitetes Bündel von Bastgefässen auf (Fig. 136).

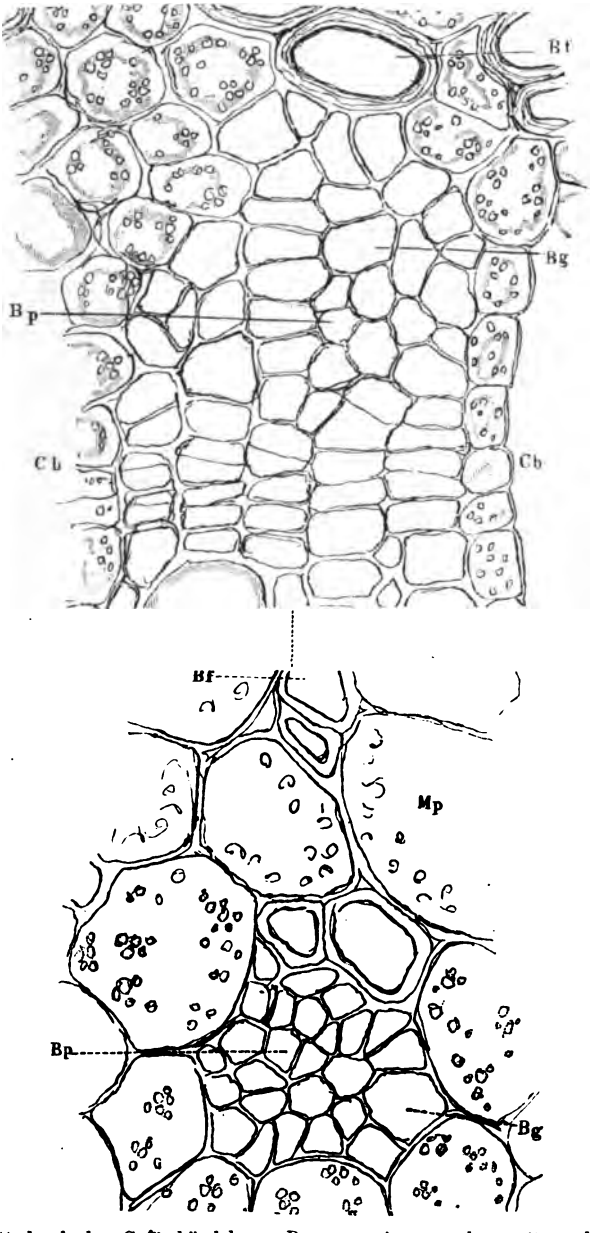
Eine etwas abweichende Stellung nehmen die milchsaftführenden Bastgefässe ein, indem sie sich bald zerstreut innerhalb der Bastfasergruppen, bald an deren äusseren Grenzen finden, bald sogar in das Rindengewebe hinübertreten (Urostigma, Ficus, Nerium, Periploca etc.). Bei den Carica-Arten nehmen sie sowohl ihren Platz zwischen den Gefässen des Holztheiles (Fig. 137, S. 254), als in dem Basttheile und der Rinde, wobei aber durch horizontale, den Markstrahlen parallel verlaufende Seitenäste eine Verbindung der in den verschiedenen Theilen des Gefässbündels vorkommenden senkrechten, auch seitlich mannigfach miteinander anastomosirenden Hauptstämme bewirkt wird.

Ueber den Bau dieses Elementarorganes ist schon Seite 132 u. f. mit genügender Vollständigkeit gehandelt und auch hervorgehoben worden, wie sich die Siebporen bald auf den dem Radius (Fig. 132, S. 249), bald auf den dem Umfange (Fig. 138, Seite 255) zugewendeten Seiten finden und in welcher Art der Einfluss der angrenzenden Zellenarten in dieser Beziehung geltend macht. Ich habe hier nur noch hinzuzufügen, dass die Seitenwände überall da ohne jegliche Configuration bleiben, wo die Bast-

Digitized by Google

gefässe an Bastfasern oder glattwandiges Bastparenchym angrenzen, dass sich dagegen bei Berührung mit porösem Bastparenchym die Gitterporen

Fig. 136.

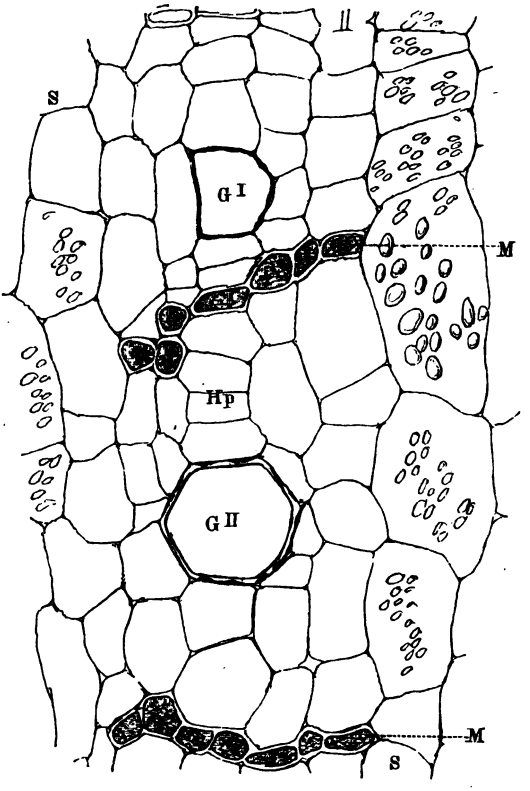


Querschnitt durch das Gefässbündel von Brugmannsia suaveolens mit markständigem Bastbündel. *Mp* Markparenchym. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

ebenso einfinden als auf jenen Seiten, wo die Bastgefässe aneinandergrenzen, und dass sich dort die Grösse und Anordnung der Poren nach jenen des Parenchyms richtet.

Fig. 137.



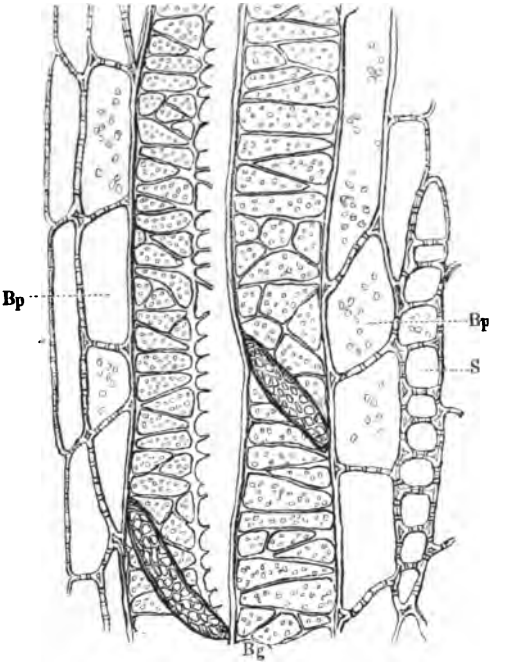
Querschnitt durch das Holzbündel von Carica microcarpa. *M* Milchsaftgefässe. G^{I} ganz junges, G^{II} älteres Holzgefäss. Vergr. 1 : 400.

Die Entstehung der Bastgefässe ist im Allgemeinen auf das Cambium beschränkt und lässt sich dieselbe sowohl in der Knospe als auch in dem Cambium der vegetirenden Achsentheile verfolgen. Diejenigen Milchsaft führenden Bastgefässe, welche vereinzelt und ohne Verbindung mit dem Gefässbündel in der Rinde und dem Marke vorkommen, gehen dagegen, wie ich nachgewiesen habe, direct aus dem Urparenchym hervor, indem sich die betreffenden Zellen, in denen die Quertheilung aufhört, während des Wachsthums der betreffenden Pflanzentheile bedeutend in die Länge strecken. Ob hier noch ausserdem eine Verschmelzung mehrerer Zellen zu einer einzigen längeren Röhrenzelle vorkommt, kann ich weder widersprechen noch behaupten.

Digitized by Google

Für die Untersuchung der Bastgefässe ist die Anfertigung recht zarter Schnitte zu empfehlen, und eignen sich die in verschiedenen Richtungen geführten Längsschnitte zur Erkenntniss der Einzelheiten im Baue weit mehr, als Macerationspräparate, namentlich solche, welche mittelst des Schulz'schen Gemisches gewonnen sind. Durch die chemische Behandlung werden nämlich die betreffenden Organe so durchsichtig, dass es häufig sehr schwer hält, sich ganz klar über deren Configuration zu unterrichten.

Fig. 138.



Tangentialer Längsschnitt durch den Basttheil von Fagus silvatica. Vergr. 1 : 500.

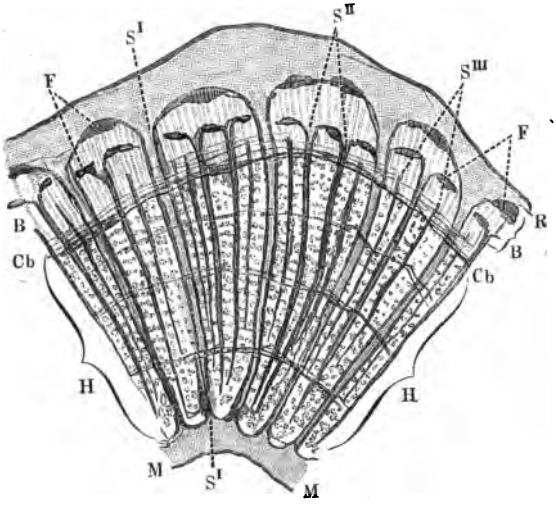
Der Querschnitt wird hier oft schon hinreichende Auskunft über die Vertheilung der Bastgefässe zwischen den übrigen Zellenarten des Basttheiles gewähren, namentlich da, wo sich dieselben durch ein verschiedenes Lumen, oder durch horizontale, gegitterte Querscheidewände von diesen hinreichend unterscheiden. Wo dieser nicht ausreicht, da giebt der Radialschnitt dann weitere Anhaltspunkte. Zum Studium der Configuration der Seitenwände sind immer die bekannten zwei Arten von Längsschnitten erforderlich, von denen die einen parallel, die anderen senkrecht zu den Markstrahlen geführt werden.

Digitized by Google

Das Zwischengewebe.

Das Zwischengewebe (Markstrahlen der Autoren) tritt entweder zwischen dem primitiven Gefässbündel in Form von schmäleren oder breiteren (Fig. 139, S^{II}), wenig- bis mehrreihigen, oder innerhalb dieser

Fig. 139.



Theil eines Querschnittes durch einen vierjährigen Trieb von Hedera helix. *R* Rinde, *B* Bastbündel, *F* Faserzellengruppen des letzteren, *Cb* Cambium, *H* Holz, *M* Mark, S^{I} Markrindenstrahlen, S^{II} primäre, S^{III} secundäre Bündelstrahlen. Vergr. 1 : 20.

letzteren (Fig. 139, S^{II}) in Form von meist ein- bis wenigreihigen, seltener mehrreihigen, in radialer Richtung verlaufenden Zellreihen auf.

Im ersteren Falle geht es in seinen ersten Anfängen unmittelbar aus dem Gewebe des Verdickungsringes hervor, welcher die Cambiumbündel voneinander scheidet, und wird in der Folge durch den aus diesem hervorgehenden, mit dem Cambium der Gefässbündel in Verbindung stehenden Cambiumring mittelst — mit dem Dickenwachsthume des Stengels in Verhältniss stehender — tangentialer Theilungen der betreffenden Mutterzellen fortgebildet. Es reicht hier von dem Marke aus bis zur Rinde, hält so die primitiven Gefässbündel getrennt, und darf füglich bloss hier den Namen Markstrahlen oder besser Mark-Rindenstrahlen führen. Im anderen Falle nimmt dasselbe seinen Ursprung stets aus dem Gefässbündelcambium, und zwar zunächst durch Quertheilung der betreffenden cambialen Mutterzellen. Die weitere Fortbildung geschieht dann in der gleichen Weise, wie bei den Mark-Rindenstrahlen, durch tangentiale Theilungen der aus dem Cambium hervorgegangenen Tochterzellen. Hier bezeichnet man das Zwischengewebe passend mit dem Namen Bündelstrahlen, und

Digitized by Google

unterscheidet zwischen primären Bündelstrahlen, welche schon in den primitiven Bündeln entstanden sind (Fig. 139, S^{II}), und secundären Bündelstrahlen, welche erst in den nachgebildeten Holz- und Basttheilen auftreten (Fig. 139, S^{III}). Durch die Bündelstrahlen werden Holz- und Basttheil in schmälere, mehr oder minder tief in deren Körper hineinragende, keilförmige Bündel zerklüftet, was bei dem ersteren immer mit voller Klarheit hervortritt, bei dem letzteren dagegen nur da sich deutlich und bestimmt bemerkbar macht, wo derselbe gegen jenen nicht allzusehr in seiner Massenentwickelung zurückbleibt, so z. B. bei Clematis, Vitis, Tilia, Aristolochia, Bignonia u. s. w.

Die Mark- und Bündelstrahlen der dikotyledonen Holzpflanzen bestehen immer aus Parenchymzellen, welche meist eine in radialer Richtung stark in die Länge gezogene Gestalt besitzen, während sowohl der tangentiale als der axiale Durchmesser bedeutend verkürzt erscheinen, so dass sie auf dem Längsschnitte ein mauerförmiges Gewebe bilden. Nur an den Stellen, wo die Markstrahlen in das Mark- und Rindengewebe übergehen, erscheinen mehr isodiometrische Zellen, welche dem ursprünglichen, unmittelbar aus dem Verdickungsringe hervorgegangenen Scheidegewebe der Cambiumbündel, respective der primitiven Gefässbündel angehören.

Die Verdickung der Zellstoffhülle ist in dem Basttheile des Gefässbündels mit wenigen Ausnahmen schwach, im Holztheile in der Regel nur mässig; hie und da treten aber auch hier nur schwächere (Cacteen) oder stärkere (Clematis, Fagus etc.) secundäre Verdickungsschichten auf. In dem Basttheile bleiben die Zellstoffhüllen des Zwischengewebes unverholzt; in dem Holztheile erscheinen dieselben in dem ersteren und letzteren Falle gleich jenen der Holzparenchymzellen verholzt, im zweiten dagegen zeigen sie, mittelst Chlorzinkjod oder Jod und Schwefelsäure behandelt, mehr oder minder reine Zellstoffreaction. Nur in einzelnen Fällen trifft man kleinere oder grössere Partieen der Mark-Rindenstrahlen in ein aus sehr dickwandigen, stark verholzten, harten Zellen bestehendes Gewebe umgewandelt (Fagus, Betula etc., Fig. 133, Seite 250). Von den verschiedenen Verdickungsformen tritt nur die poröse auf, und zwar sind die Poren, mögen die betreffenden Zellen an gleichartige oder ungleichartige Elemente des Gefässbündels grenzen, stets geschlossen.

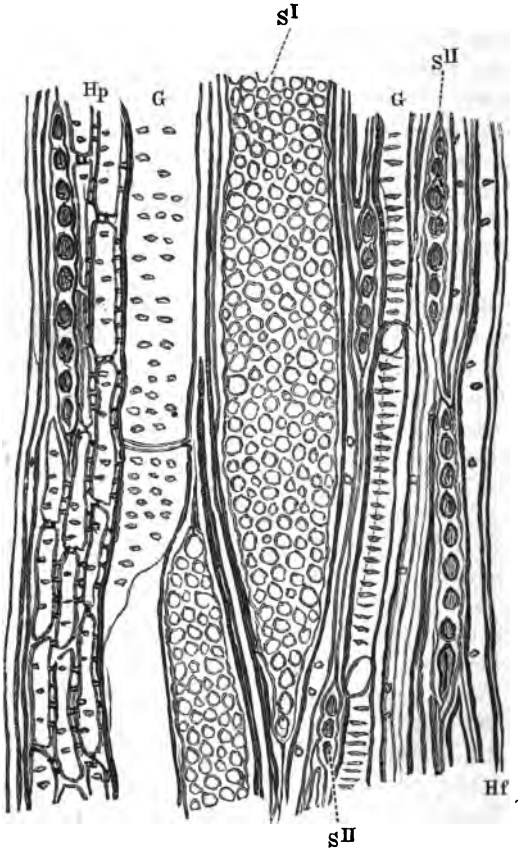
Der Inhalt des Zwischengewebes wird in der Ruheperiode stets von deutlich ausgebildeten kleineren oder grösseren Stärkekörnern gebildet, während der Wachsthumsperiode enthalten sie dagegen nur in Wanderung begriffene Stärke nebst anderen bildungsfähigen Substanzen. Nur in minder häufigen Fällen finden sich in demselben zu gewissen Zeiten einzelne Krystalle (Rhizophora, Buxus) oder Krystalldrüsen.

Für die Charakterisirung des Gefässbündels und des Baues der Achsenorgane wird der Bau der Mark-Rindenstrahlen, sowie der Bündelstrahlen, welchen man mittelst Quer- und Tangentialschnitten zu verfolgen hat, von hoher Bedeutung. Man hat dabei zunächst ihre Breite, d. h.

Digitized by Google

die Anzahl der Zellenreihen, aus denen sie bestehen, dann ihre Höhe, d. h. ihre Ausmessung parallel der Achse des Gefässbündels, endlich ihre Länge, d. h. ihre Erstreckung in radialer Richtung zu berücksichtigen und zu untersuchen, in welchem Verhältnisse diese Dimensionen, namentlich für die Mark-, Rinden- und Bündelstrahlen, zueinander in verschiedenen Theilen des Gefässbündels stehen, und wie dieselben sich für dieselben Strahlen in dem Holz- und Basttheile gegeneinander gestalten. Um hier auf einige derartige Verhältnisse, auf welche bei der Histiologie des Stammes näher einzugehen ist, hinzuweisen, sei nur bemerkt,

Fig. 140.



Tangentenschnitt durch das Holz der Buche. S^{I} breite, S^{II} schmale Bündelstrahlen. Vergr. 1 : 200.

dass z. B. Eiche und Buche (Fig. 140) breite, mehrreihige (S^{I}), bei der ersteren höhere, bei der letzteren minder hohe und daneben noch schmale ein- bis zweireihige (S^{II}), der gemeine Ahorn sehr breite aber niedrige, und einreihige nur vier bis sechs Zellen hohe (Fig. 141), die Platane

Digitized by Google

fast nur breite, ziemlich hohe, der Tulpenbaum (Fig. 143, I.) zwei- bis dreireihige, höhere und niedrigere, die Heinbuche, die Linde, Birke, die Haselnuss (Fig. 143, II.) nur schmale ein- bis zweireihige niedrigere oder höhere (Fig. 143) Bündelstrahlen besitzen, und dass z. B. die Mark- Rindenstrahlen bei der Linde, dem Tulpenbaume u. s. w. während ihres

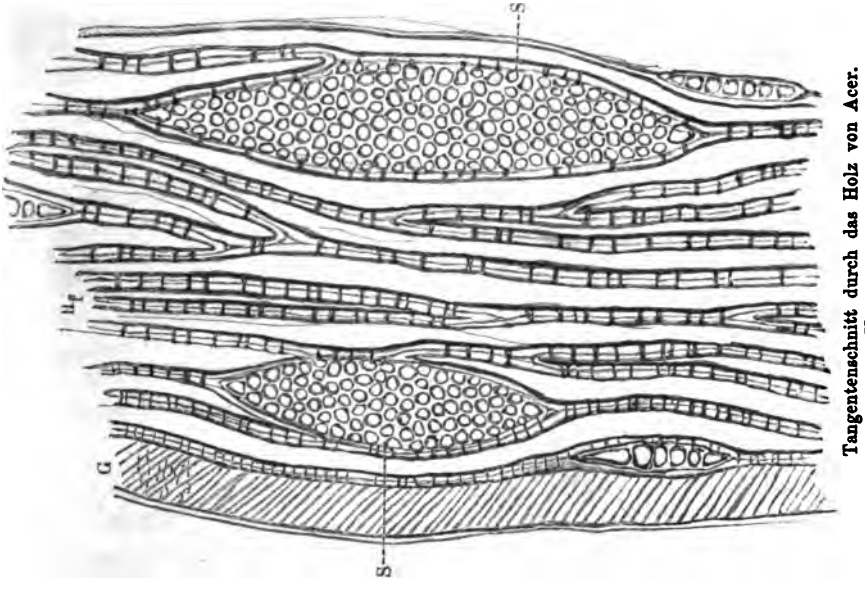


Fig. 141. Tangentenschnitt durch das Holz von Acer. Vergr. 1 : 200.

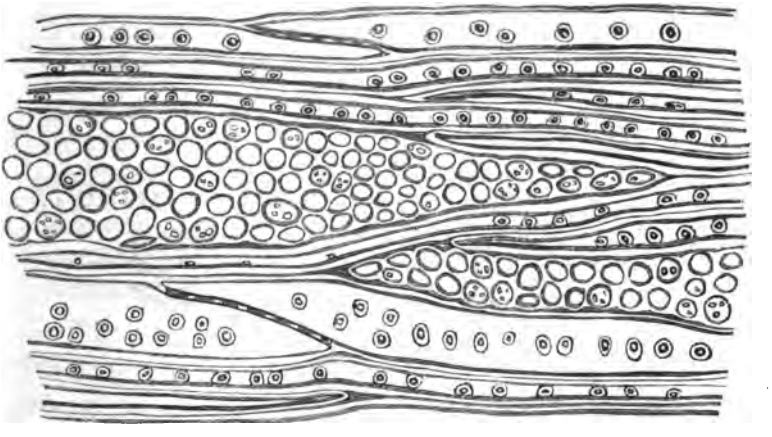


Fig. 142. Tangentenschnitt durch das Holz von Platanus. Vergr. 1 : 200.

Verlaufs im Holzkörper nur ein-, zwei- bis dreireihig sind, während sie sich zwischen den einzelnen Bastbündeln nach Aussen mehr und mehr verbreitern, so dass deren Zellen dort aus der radial gestreckten in eine in tangentialer Richtung gestreckte Gestalt übergehen.

Digitized by Google

Schleiden: Grundzüge, 3. Aufl. Bd. I., Seite 258.

Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie, Bd. I., Seite 334, und der Pflanzenzelle.

Th. Hartig: Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen.

Derselbe: Ueber die Querscheidewände der Siebröhren von Cucurbita. Botanische Zeitung 1854. Nro. III.

H. v. Mohl: Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botanische Zeitung 1855. Seite 873.

Schacht: Die Milchsaftgefässe der Carica papaya. Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1856, Seite 515.

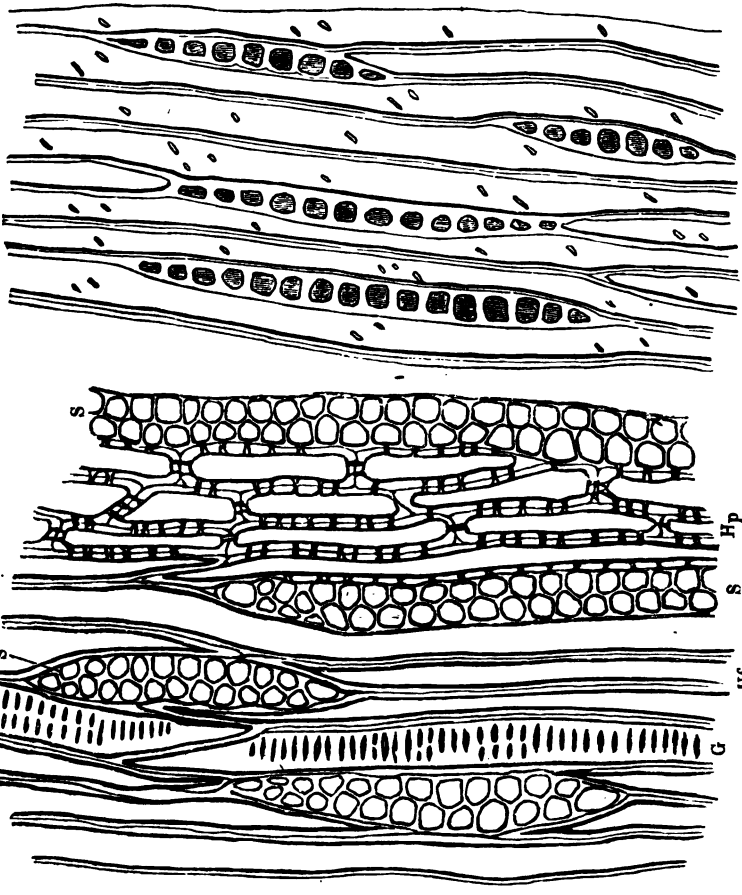


Fig. 143. Tangentenschnitt durch das Holz von Liriodendron tulipifera L., und Corylus avellana II. Verg. 1:200.

Unger: Einiges über das Wachsthum des Baumes und die Bildung der Bastzellen. Denkschriften der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften 1858, Bd. 16.

Hanstein: Ueber ein System schlauchförmiger Gefässe u. s. w. Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1859, Seite 705.

Sanio: Untersuchungen über die im Winter Stärke führenden Holzzellen des Holzkörpers dikoryler Holzgewächse. 1848.

Th. Hartig: Uebersicht der anatomischen Verhältnisse des Holzkörpers. Botanische Zeitung 1859, Seite 110.

Nägeli: Ueber die Siebröhren von Cucurbita. Botanische Mittheilungen, Heft 1, 1861.

Digitized by Google

H. v. Mohl: Einige anatomisch-physiologische Bemerkungen über das Holz der Banianwurzeln. Botanische Zeitung 1862, Nro. 34 bis 36 und Nro. 39 bis 40.

Sanio: Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers. Botanische Zeitung 1860, Nro. 11 bis 15.

Derselbe: Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers. Botanische Zeitung 1863, Nro. 47 bis 80.

Hanstein: Die Milchsaftgefässe und die verwandten Organe der Rinde. 1864.

Sanio: Ueber endogone Gefässbündelbildung. Botan. Zeitung. 1864, Nro. 27 bis 30.

Dippel: Entstehung der Milchsaftgefässe und deren Stellungen in dem Gefässbündel der milchenden Gewächse. 1865.

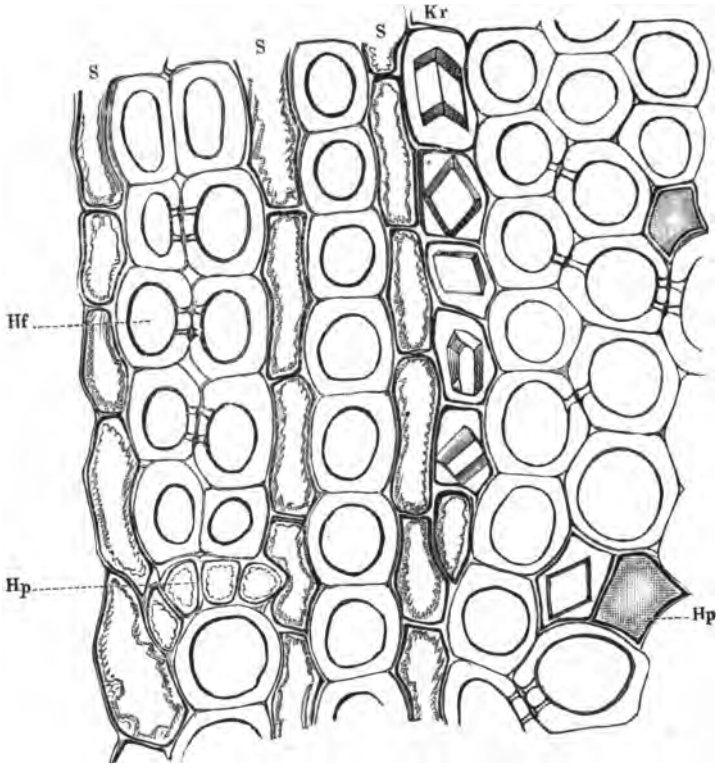
Sanio: Einige Bemerkungen u. s. w. Botanische Zeitung 1865. Nro. 22 bis 25.

5. Gefässbündel der Cycadeen und Coniferen.

Das Gefässbündel dieser Pflanzengruppen stimmt in Bezug auf seine Entstehungsgeschichte und die Heranbildung seiner einzelnen Elemente aus dem Gefässbündelcambium fast vollständig mit dem der Dikotyledonen überein. Dagegen unterscheidet sich dasselbe hinsichtlich des Vorkommens der einzelnen Zellenformen und deren Vertheilung in mannigfacher

Fig. 144.

I



I. Querschnitt durch das Holz von Cycas revoluta. Vergr. 1 : 250.

Digitized by Google

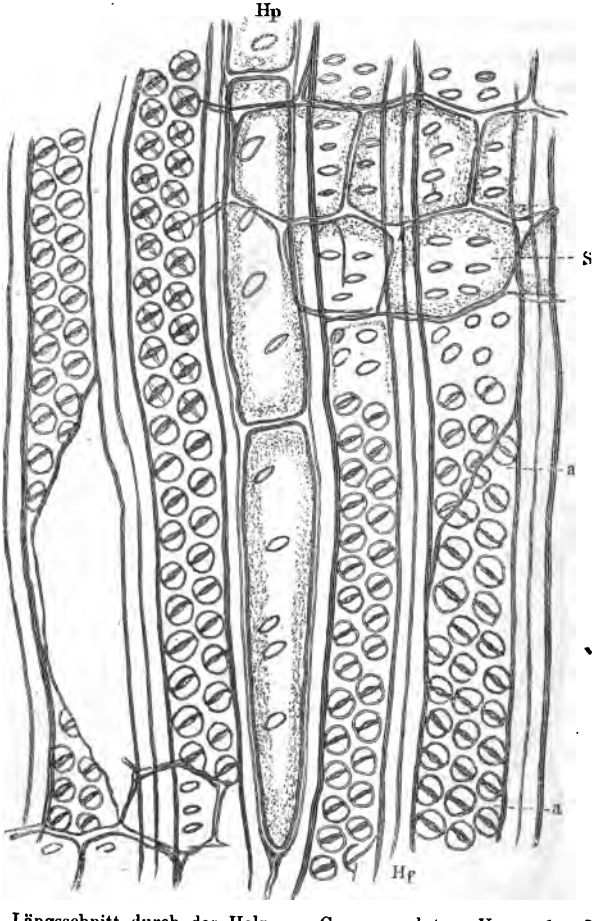
Weise, so dass sich Holz wie Bast auf den ersten Blick von den gleichen Gewebetheilen der Laubhölzer unterscheiden lassen.

Der Holztheil.

Holzfasern. — Die Faserzellen, welche bei allen hierher gehörigen Gewächsen die Grundmasse des Holzes bilden, zeigen hier immer deutlich und gross behöfte Poren. Der Hof ist in der Regel kreisrund, seltener wird seine Form elliptisch und nur in einzelnen Fällen, wo dicht nebeneinander gestellte senkrechte Porenreihen auf derselben Seitenwand vorkommen, viel-, meistens sechseckig (Wurzelholz der Araucaria, Holz

Fig. 144.

II.



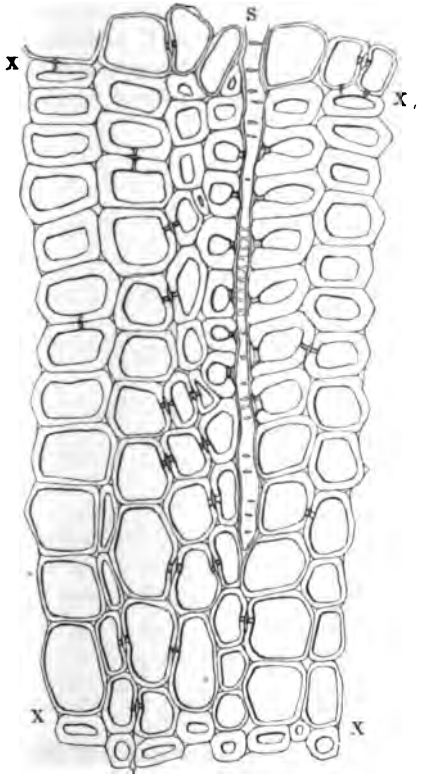
II. Längsschnitt durch das Holz von Cycas revoluta. Vergr. 1 : 250.

Digitized by Google

von Cycas Dion u. s. w.). Der Porencanal ist bald kreisrund (Pinus), bald ist er mehr oder weniger spaltenförmig (Cycas, Fig. 144, II.), so dass sich die Canäle zweier aneinandergrenzender Zellen von oben betrachtet kreuzen.

Neben der porösen erscheint auch die spiralige Verdickungsform. Auf die tertiäre Verdickungsschichte beschränkt tritt dieselbe bei Taxus auf, wo das schmale Spiralband weit voneinander abstehende, wenig steil ansteigende, bald rechts-, bald linksläufige Windungen bildet. In den älteren, d. h. den secundären Verdickungsschichten treten nur breitere Spiralbänder auf, welche die sogenannte, schon weiter oben besprochene Streifung hervorbringen. Hier sind die Windungen immer mit den spaltenförmigen Porencanälen gleichlaufend. Besonders schön findet sich diese Structur in den Herbstholzzellen der Fichte, dann in den hie und da vorkommenden, abnorm verdickten Partieen des Frühlingsholzes der Aeste von der Kiefer und der Wellingtonia (siehe Fig. 40, VII, Seite 115).

Fig. 145.



Querschnitt durch das Holz von Pinus silvestris mit mittelbreitem Jahresringe. *x*, *x* Grenze der Jahresringe. Vergr. 1 : 200.

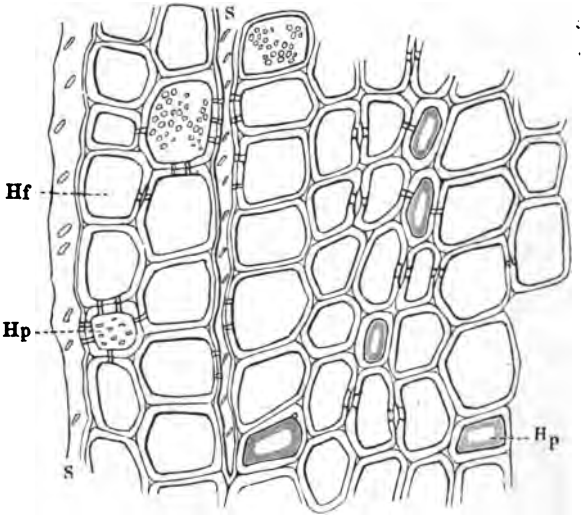
Auf dem Querschnitte zeigen die secundären Verdickungsschichten, welche meist sehr deutlich von den tertiären abgegrenzt erscheinen, nur undeutliche oder gar keine Schichtung (Fig. 145), und lässt sich eine solche im letzteren Falle auch nicht durch chemische Mittel hervorrufen, so dass man hier auf eine ununterbrochen vor sich gehende Abscheidung aus dem Zelleninnern schliessen darf. Die Mächtigkeit derselben wechselt je nach den verschiedenen Gattungen und Arten. Namentlich aber macht sich in dieser Beziehung ein entschieden hervortretender Unterschied zwischen dem Holze der äusseren und inneren Theile (Herbst- und Frühlingsholz) der Jahresringe der meisten jener Nadelhölzer (Pinus, Abies, Picea, Larix, Taxus u. s. w.) geltend, welche ein periodisches Wachsthum erkennen lassen. Die Holzzellen der ersteren verdicken ihre Zellhüllen oft so stark, dass nur noch ein äusserst geringer Hohlraum übrig bleibt, während jene

Digitized by Google

des letzteren nur eine mässige oder schwache secundäre Verdickung beobachten lassen (Fig. 145). Zugleich macht sich noch ein weiterer Unterschied bemerklich, der die Dimensionen der Zelle trifft. Während nämlich diejenigen des inneren Theiles meist ihren grösseren Durchmesser in radialer Richtung haben, sinkt derselbe bei denen des äusseren Theiles in letzterer oft so bedeutend gegen jene in tangentialer Richtung, dass die betreffenden Zellen ein stark zusammengedrücktes Aussehen annehmen (Fig. 145, *x*, *x*). Auf diesen Verhältnissen beruht denn auch die so entschiedene Ausprägung der Jahresringe unserer einheimischen Nadelholzpflanzen, und sind dieselben bei der histiologischen Charakterisirung ihres Holzes im Allgemeinen, sowie der verschiedenen Achsentheile, der Wurzeln, des Stammes, der Aeste auf das Sorgfältigste zu berücksichtigen.

Holzparenchym. — Das Holzparenchym zeigt im Ganzen und Grossen dieselbe Form, dieselbe Entstehungsweise und den nämlichen Bau wie bei den Laubhölzern. Dasselbe tritt indessen hier niemals so stark verbreitet auf wie dort. Die Cycadeen besitzen bald vereinzelte, bald kleine Gruppen bildende Holzparenchymzellen (Fig. 144, I., Seite 261). Unter den Nadelhölzern fehlt es, soweit meine Beobachtungen reichen, den Araucarineen gänzlich. Bei den Abietineen dagegen scheint es nirgends

Fig. 146.



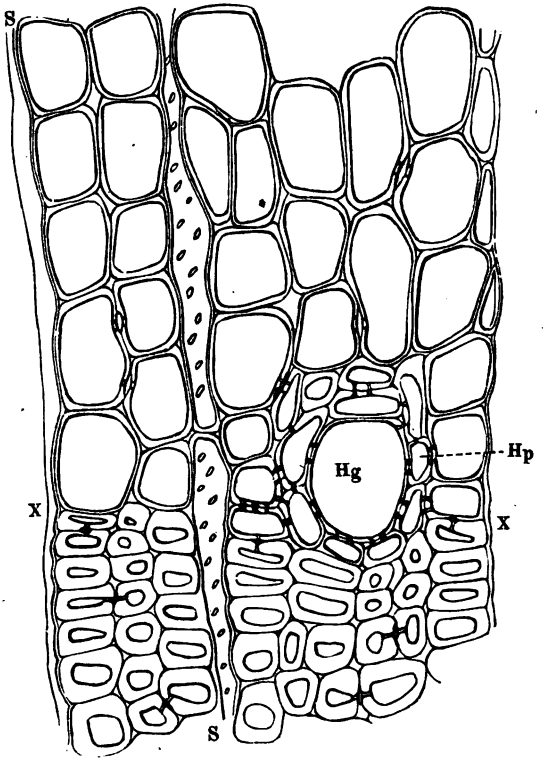
Querschnitt durch das Holz von Abies pectinata. Vergr. 1 : 400.

zu fehlen; allein sein Vorkommen ist ein verschiedenes und will beachtet sein. Die Gattung Abies besitzt es meistens als zerstreut im Holzkörper stehende Zellen (Fig. 146), seltener erscheinen bei ihr grössere Zellgruppen, welche sich im höheren Alter in der Form von Harzgängen

Digitized by Google

bemerklich machen. Die Gattungen Pinus, Picea, Larix lassen niemals zerstreutes Holzparenchym beobachten; dagegen tritt dasselbe bei denselben als Umgrenzung der weiter unten eingehender zu betrachtenden Harzgänge auf (Fig. 147 *Hg* u. *Hp*). Unter den Cupressineen besitzen Juniperus,

Fig. 147.



Querschnitt durch das Holz von Picea vulgaris. *Hg* Harzgang, *Hp* das denselben umgebende Holzparenchym.

Toxodium, Wellingtonia*), und wohl auch alle anderen Gattungen zwischen den Faserzellen einzeln oder zu zweien bis dreien zerstreut stehende Holzparenchymzellen, und bei den Gnetaceen treten dieselben sowohl zwischen den Holzzellen zerstreut, als in der unmittelbaren Nähe der Gefässe auf (Fig. 149, Seite 267).

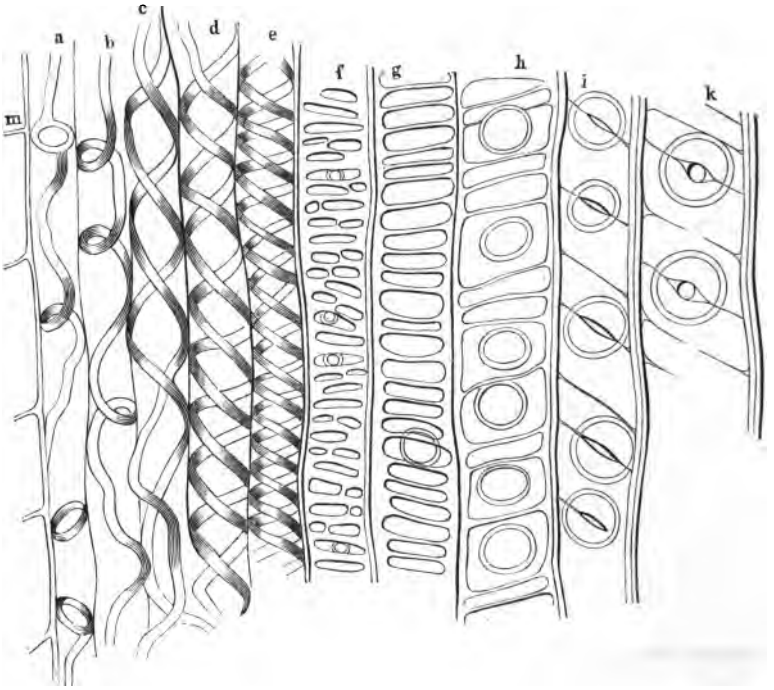
Auf dem Querschnitte zeichnen sich die Holzparenchymzellen namentlich der gefässlosen Nadelhölzer in der Regel durch ihre in radialer Richtung mehr oder minder zusammengedrückte, fast rechteckige Gestalt, sodann durch ihren Inhalt, der entweder aus Stärke oder Balsamharz be-

*) Wellingtonia wird zwar zu den Auracarineen gestellt; ihrem ganzen anatomischen Baue nach scheint sie mir aber eher zu den Cupressineen zu gehören.

Digitized by Google

steht, vor den Holzzellen aus und lassen sich so in den meisten Fällen leicht erkennen. Schwieriger sind dieselben häufig auf den Längsschnitten aufzufinden. Denn obgleich sie sofort durch ihre Form, wie durch ihren Inhalt hervortreten, muss man doch bei jenen Holzarten, wo sie wie bei Juniperus, Wellingtonia etc. nur spärlich zerstreut im Holze vorkommen, oft längere Zeit nach ihnen suchen, ja nicht selten mehrere Präparate durchforschen, ehe man sie auffindet. Dickere Längsschnitte mittelst Salpetersäure und chlorsauren Kalis macerirt und dann mittelst

Fig. 148.



Längsschnitt durch die Markkrone von Picea vulgaris. *a* bis *e* verschiedene Spiralfasergefässe oder Gefässzellen, *f* bis *i* Uebergänge zu den gewöhnlichen Holzfasern, *k* normale Holzfaser, *m* Markzellen. Vergr. 1 : 400.

der Nadel in ihre Elemente zerlegt, führen hier meistens rascher zum Ziele als Längsschnitte.

Holzgefässe. — Die Röhrenzellen fehlen keiner Cycadee und keinem Nadelholz ein dem primitiven Holzbündel. Sie erscheinen daselbst indessen nur mit spiraliger oder netzförmiger Verdickung, und bilden entweder Spiral- oder Netzfaser-Röhrenzellen oder echte Spiral- und Netzgefässe (Fig. 148, *a* bis *f*). Daraus, dass die erste Form weit häufiger erscheint als die letztere, welche indessen sicher nicht ausgeschlossen ist, erklärt sich der Widerspruch zwischen den Beobachtungen einiger anderen Forscher und

Digitized by Google

den meinigen. In dem älteren Holze der Cycadeen fehlen die Röhrenzellen gänzlich, dasselbe ist der Fall bei allen Nadelhölzern aus den Familien der Abietineen, Cupressineen, Araucarineen, Taxineen und Podo-

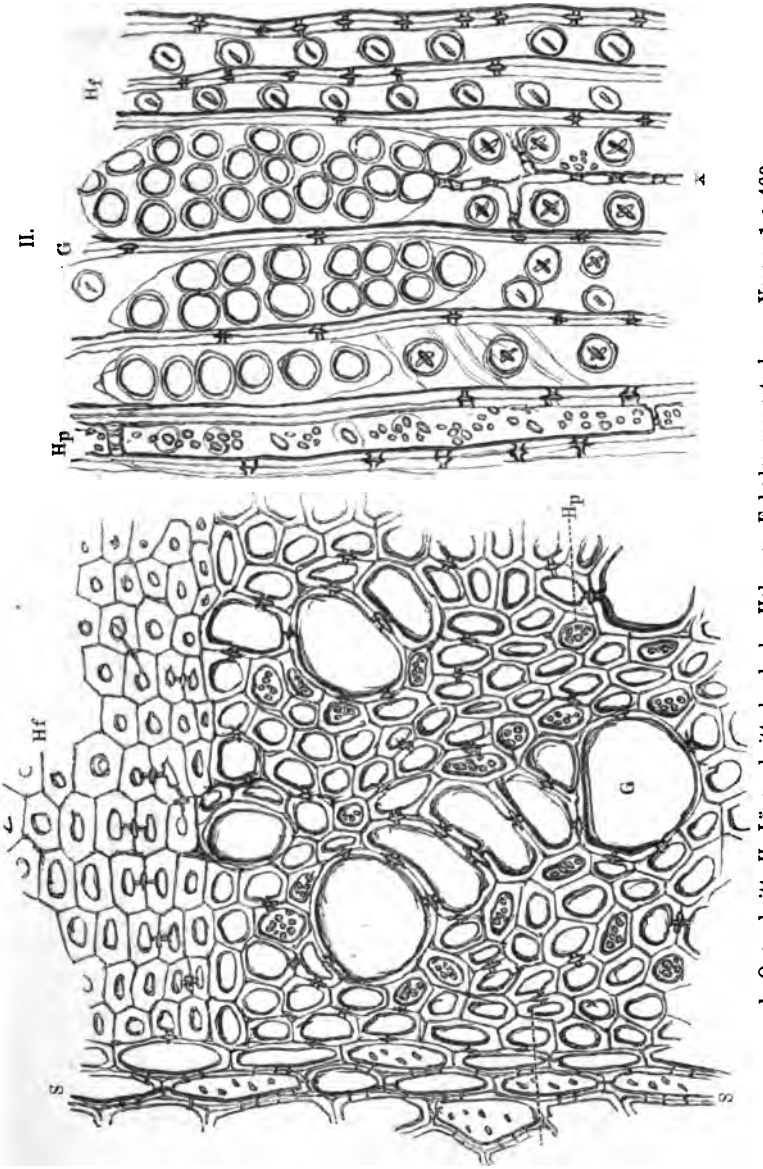


Fig. 149. 1. Querschnitt, II. Längsschnitt durch das Holz von Ephedra monostachya. Vergr. 1 : 400.

carpeen. Nur in der Familie der Gnetaceen treten durch den ganzen Holzkörper echte Gefässe mit poröser Verdickung auf (Fig. 149, I. u. II.).

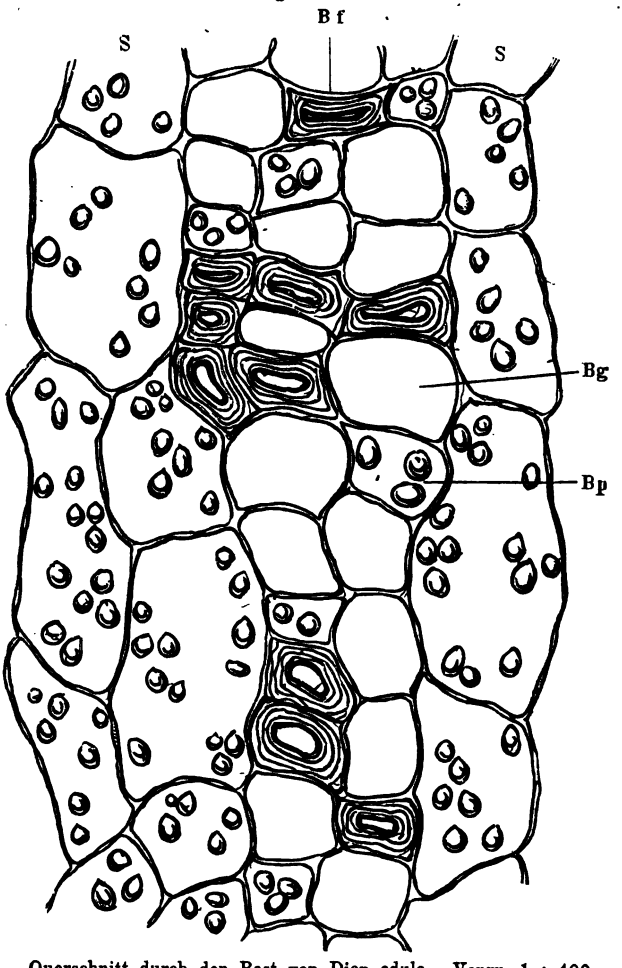
Digitized by Google

Bei Ephedra, wo dieselben nur in dem Frühlingsholze vorkommen, sind deren stark geneigte Querscheidewände je nach der Weite der Gefässe mittelst einer oder mehrerer Längsreihen behöfter, einen weiten Porencanal besitzender Poren (Fig. 149, II.), bei Gnetum, wo sie durch den ganzen Holztheil zerstreut erscheinen, mittelst eines einzigen grossen Porus durchbrochen.

Der Basttheil.

Faserzellen. — Die Bastfasern, welche im Allgemeinen den gleichen Bau besitzen wie jene der Dikotyledonen, treten bei den Cycadeen (Cycas

Fig. 150. I.



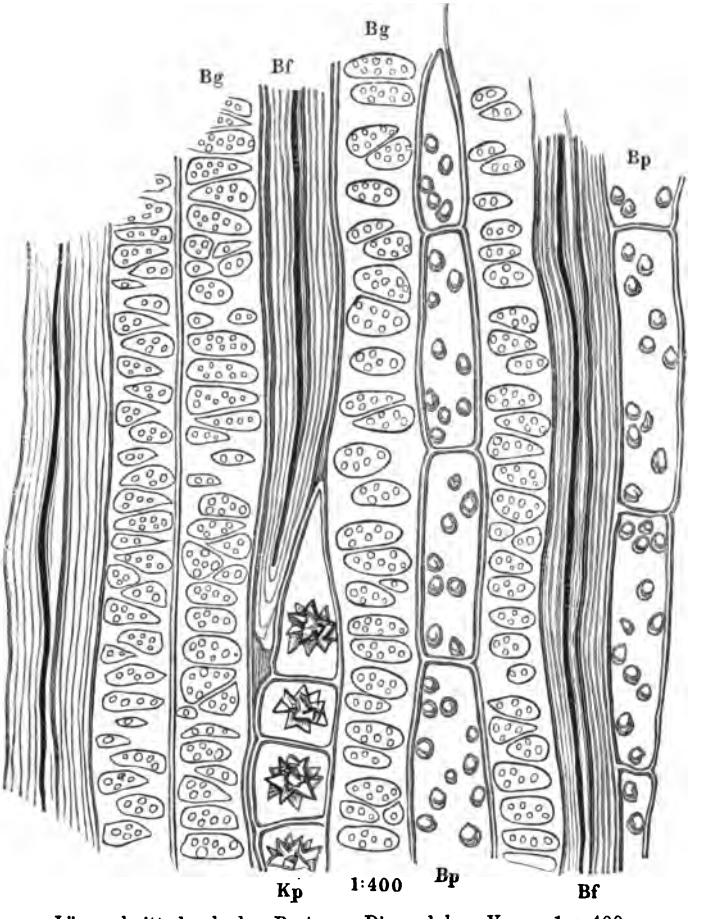
Querschnitt durch den Bast von Dion edule. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

und Dion) in dem Basttheile des Stammes in kleineren und grösseren Gruppen auf, welche durch die übrigen Elemente dieses Gefässbündelbestandtheiles von einander getrennt werden (Fig. 150, I. u. II.). Bei den Nadelhölzern fehlen dieselben theils ganz, theils finden sie sich einzeln zwischen den übrigen Elementen zerstreut, theils nehmen sie eine regelmässige Stellung zu diesen ein, ein Verhalten, worauf man bei der histiologischen Charakteristik der betreffenden Familien sein besonderes Augenmerk zu richten hat.

Die Abietineen entbehren in den Gattungen Pinus, Abies und Picea der echten Bastfasern gänzlich (Fig. 155, S. 273). Larix dagegen besitzt zerstreut stehende, sehr stark verdickte, deutlich geschichtete und verhältnissmässig kurze Bastfasern, welche keine genau bestimmte Stellung ein-

Fig. 150.
II.



Längsschnitt durch den Bast von Dion edule. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

nehmen und nur ziemlich vereinzelt vorkommen (Fig. 151). Aehnlich gestaltet sich das Vorkommen bei den Araucarien, wo indessen die Zahl dieses Elementarorganes bedeutend grösser ist, als bei der vorhergehenden Gattung.

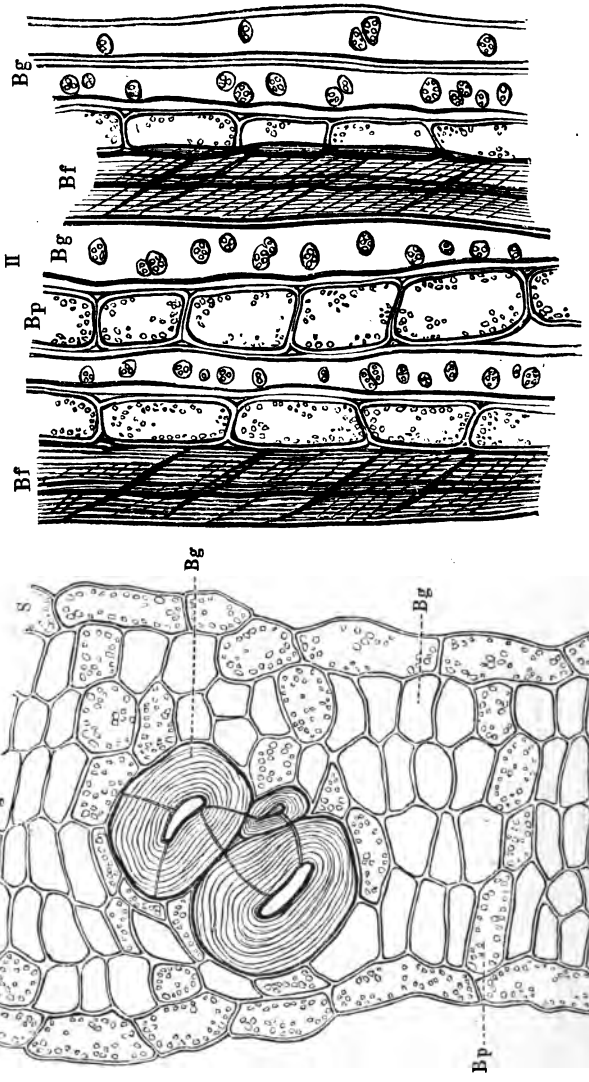


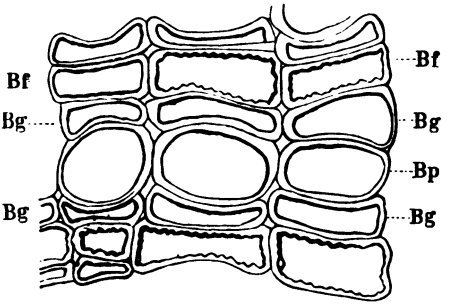
Fig. 151. I. u. II. Quer- und Längsschnitt durch den Bast von Larix europaea. Vergr. 1 : 400.

In dem Basttheile der Cupressineen und Taxineen nehmen die Bastfasern eine genau bestimmte Stellung ein, ohne dass dieselbe indessen eine stets ausnahmslose wäre. Es besteht hier der Bast nämlich aus tangentialen Bändern der radial in Reihen von je fünf Zellen geordneten

Digitized by Google

Bastelemente, wobei die je erste und fünfte Reihe von den Bastfasern eingenommen wird, welche eine in radialer Richtung mehr oder minder zusammengedrückte Gestalt zeigen (Fig. 154, S. 272). Bei Taxus macht sich nebenbei eine eigenthümliche partielle, knötchenförmige Verdickung (Fig. 152, *Bf*) bemerkbar, welche, soweit mir bekannt, bei den übrigen Gattungen der beiden Familien gar nicht oder doch nicht in der Ausdehnung wie bei jener wiederkehrt.

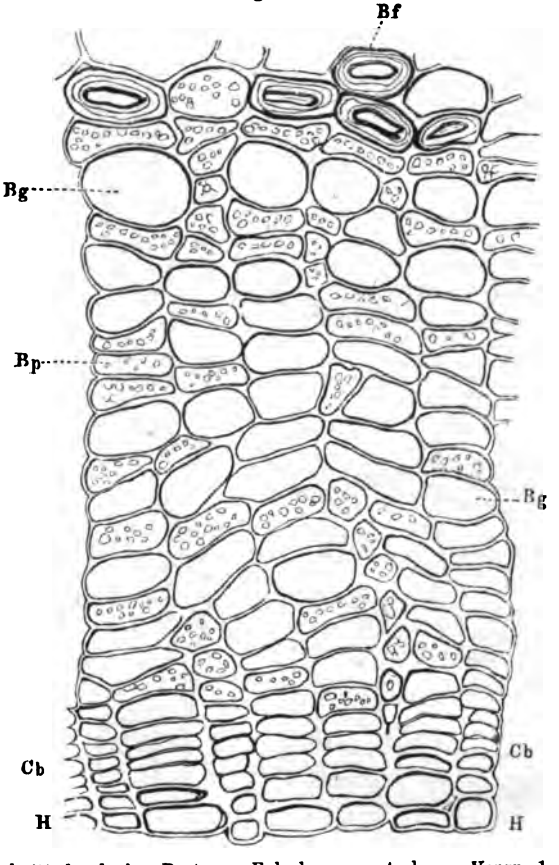
Fig. 152.



Theil eines Querschnittes durch den Bast von Taxus baccata. Vergr. 1 : 600.

Die Gnetaceen, welche, soweit ich an dem mir zu Gebote stehenden Material beobachten konnte, nur in der ersten Wachsthumsperiode eine

Fig. 153.



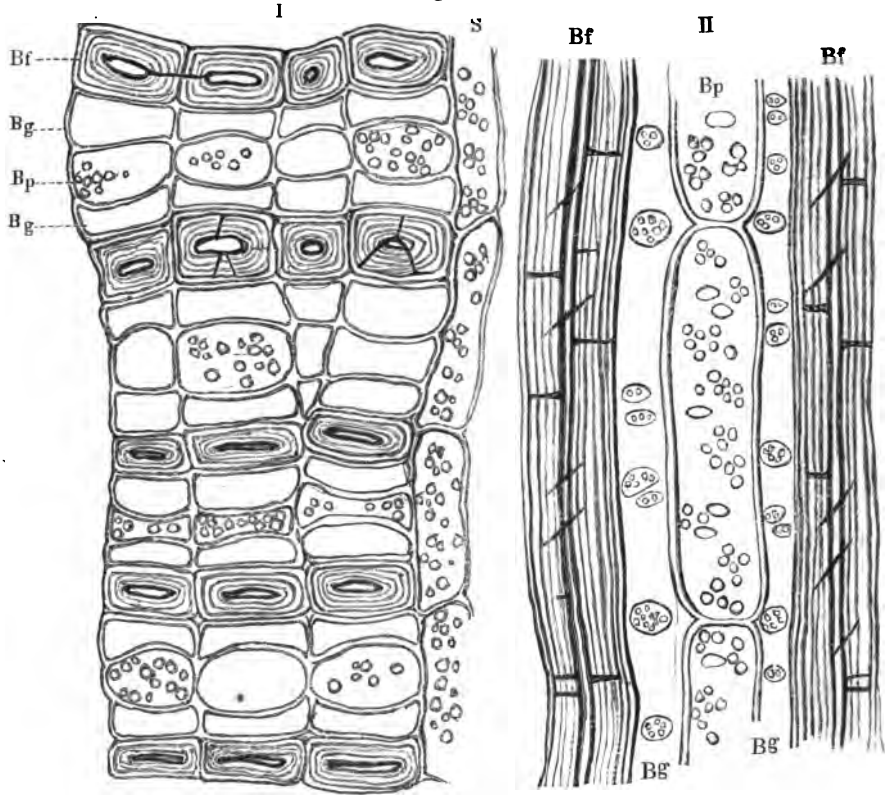
Querschnitt durch den Bast von Ephedra monostachya. Vergr. 1 : 600.

Digitized by Google

grössere Zahl von Bastfasern bilden, enthalten dieselben in einem grösseren Bündel an der äusseren Seite des in Form eines bei Gnetum flacheren, bei Ephedra convexen Kreisabschnittes in das Rindengewebe hineinragenden Bastbündels, während die innere Seite von den beiden übrigen mit einander wechselnden Elementen eingenommen wird, zwischen denen bei Ephedra nur vereinzelte Bastfasern in der Art auftreten, dass sie zwischen Parenchymzellen eingestreut erscheinen (Fig. 153, a. v. S.).

Parenchymzellen. — Das Bastparenchym tritt ausnahmslos bei allen Cycadeen und Nadelhölzern auf. Bei den ersteren wechselt es in den nach Aussen und Innen von Bastfasern, nach den Seiten von den Markstrahlen begrenzten Gruppen ohne bestimmte Ordnung mit den Bastgefässzellen (Siebröhren) ab (Fig. 150). In dem Gefässbündel der Nadelhölzer wird seine Stellung dagegen eine weit regelmässigere, indem sich bei den Abietineen und Araucarineen eine gewisse reihenweise Anordnung in tangentialer Richtung geltend macht (Fig. 151 u. 155), während bei den Cupressineen und Taxineen die zu je einer der Bastgruppen gehörige Parenchymzelle die dritte Stelle einnimmt (Fig. 154).

Fig. 154.



I. u. II. Quer- u. Längsschnitt durch den Bast von Juniperus communis. Vergr. 1 : 600.

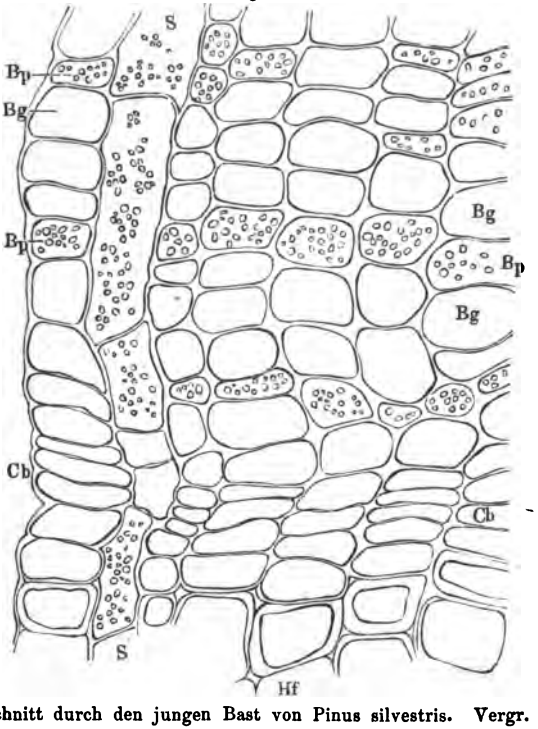
Digitized by Google

Hier trifft es sich jedoch zuweilen, dass je zwei Parenchymzellen in der dritten und vierten Stelle vorkommen, so dass die regelmässige Ordnung etwas geändert wird.

Das Bastparenchym führt bei allen hierher gehörigen Pflanzen Stärkemehl, bei Cycas beobachtet man in demselben ausserdem zahlreiche, dem monoklinischen Systeme angehörige Krystalle, bei Dion Krystalldrusen (Fig. 150, II., *Kp*) und bei Pinus und Picea, jedoch nur seltener, ebenfalls einzelne dem genannten Systeme angehörende Krystalle.

Die Röhrenzellen erscheinen in dem Gefässbündel der Cycadeen sowohl als der Nadelhölzer in der Seite 132 u. f. beschriebenen Form als Bastgefässzellen. Bei den erstgenannten Pflanzen ist ihre Stellung zwischen den Parenchymzellen eine mehr unregelmässige. Bei den Abietineen dagegen sind sie meist in der Art geordnet, dass radial hintereinanderstehende zwei- bis mehrzellige Reihen durch je eine Reihe von Parenchymzellen unterbrochen werden (Fig. 155 I. u. II.). In dem Basttheile der

Fig. 155 I.



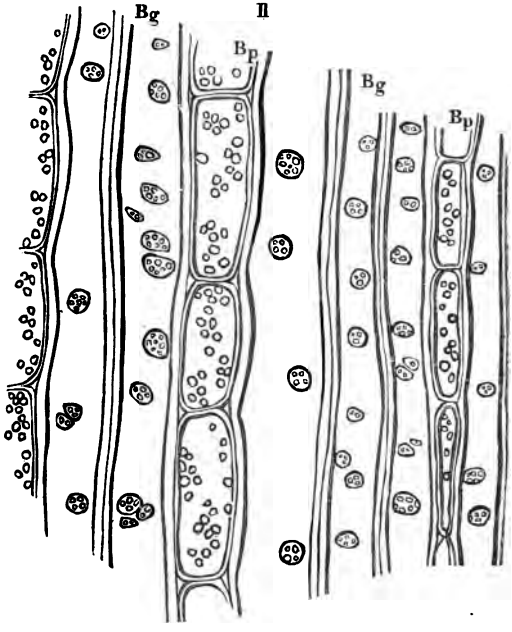
I. Querschnitt durch den jungen Bast von Pinus silvestris. Vergr. 1 : 400.

Cupressineen und Taxineen ist deren Einordnung wie bei den übrigen Elementen eine regelmässige, indem sie in jedem der erwähnten Bänder die je zweite und vierte Stelle einnehmen (Fig. 154). Auch hier tritt indessen manchmal insofern eine Unregelmässigkeit ein, als nach der Paren-

Digitized by Google

chymzelle an der dritten Stelle eine Bastgefässzelle, dann an der fünften Stelle eine zweite Parenchymzelle und an der sechsten Stelle wiederholt

Fig. 155.



II. Längsschnitt durch den jungen Bast von Pinus silvestris. Vergr. 1 : 400.

eine Bastgefässzelle auftritt, der erst an der siebenten Stelle wieder eine Bastfaser folgt.

Das Zwischengewebe.

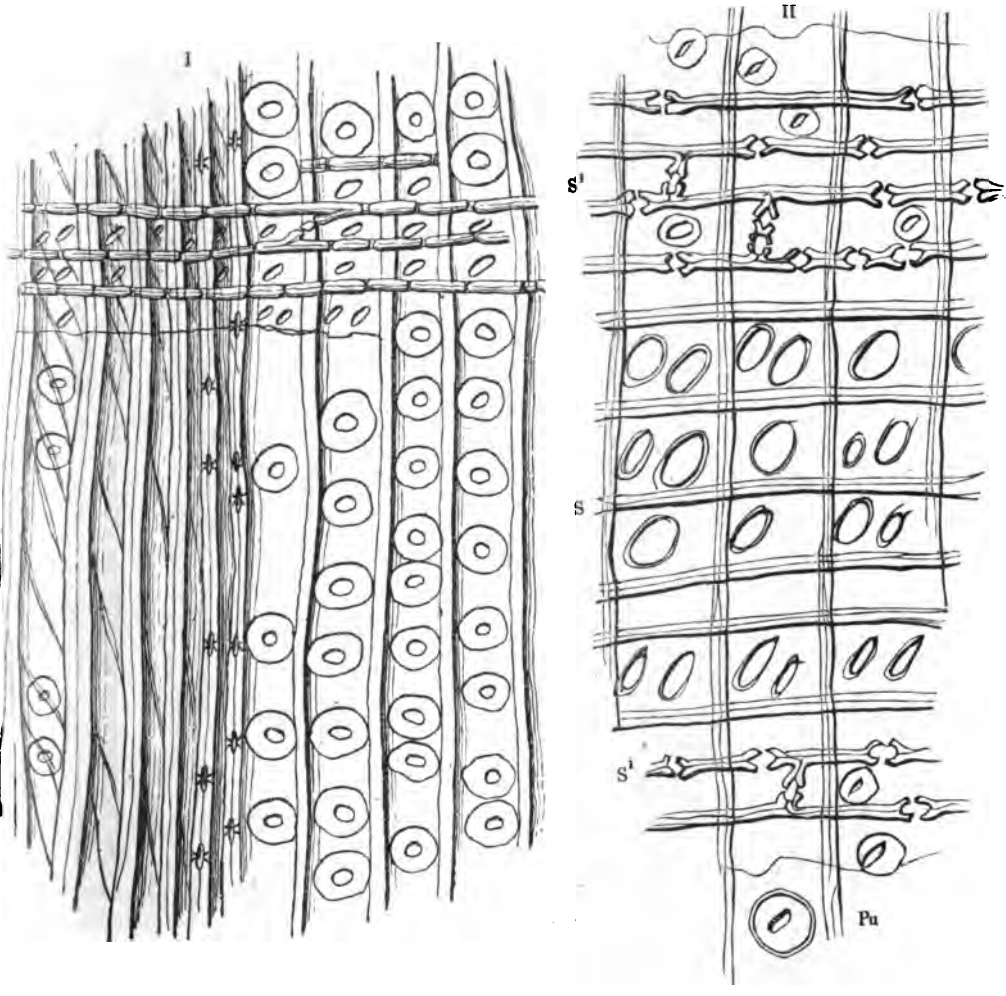
Das Zwischengewebe zeigt bei den Cycadeen und Nadelhölzern in Bezug auf die Entstehung und die sonstigen allgemeinen Verhältnisse ein ähnliches Verhalten wie bei den Laubhölzern. Bei den ersteren sind sowohl die Mark-Rindenstrahlen wie die Bündelstrahlen nur schwach verdickt (Fig. 144, S. 261) und verholzen nicht (Cycas, Dion); bei den anderen dagegen ist die Verdickung meist eine mässige, steigert sich selten in hohem Maasse, und es tritt zugleich Verholzung durch die ganze Zellstoffhülle, mit Ausnahme der Porenschliesshäute, ein.

Die Verdickungsweise der Zwischengewebezellen ist die geschlossen poröse. In der Regel sind die Poren verhältnissmässig kleine (Fig. 156, I.); nur die Pinusarten haben in den mittleren Zellenreihen sehr grosse, meist ovale Poren, während in den Endzellen kleine behöfte und offene Poren auftreten (Fig. 156, II.).

Digitized by Google

Die Mark-Rindenstrahlen der Cycadeen sind mehrreihig, keilen sich aber nach dem äusseren Theile des Holzes aus, um sich in der Rinde wieder zu verbreitern. Gnetum hat mehrreihige, die anderen Nadelhölzer

Fig. 156.



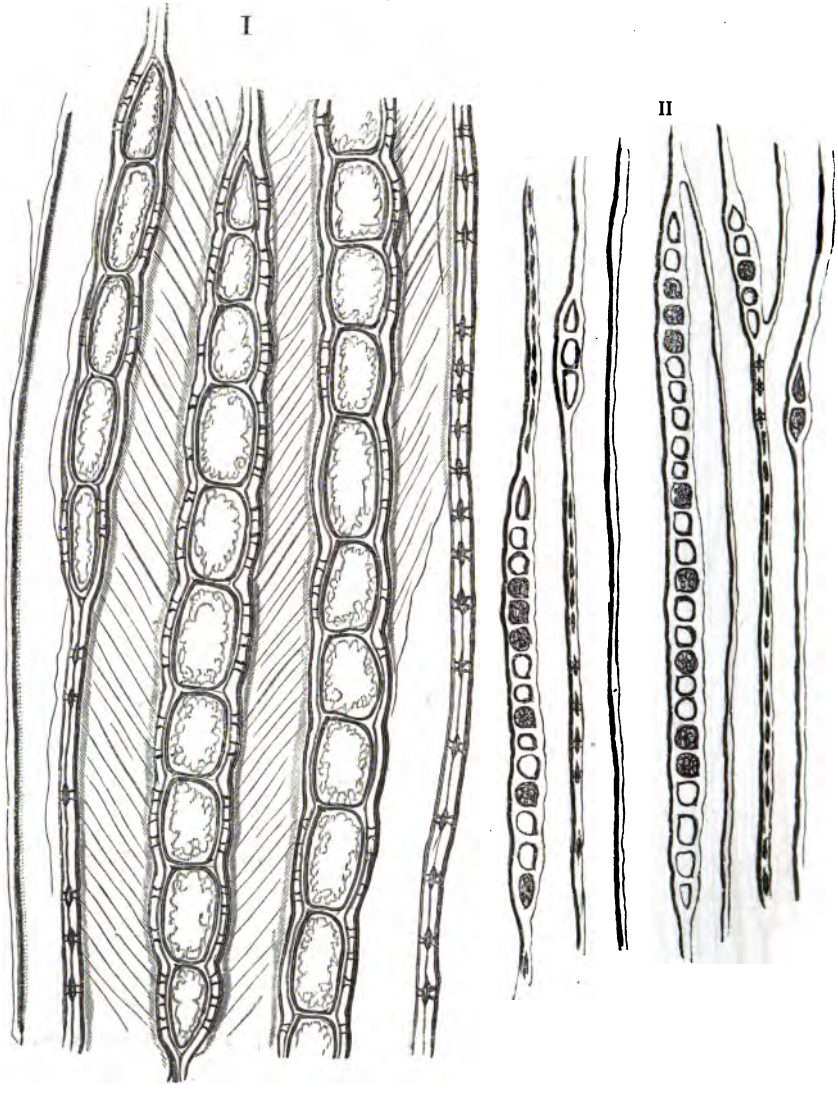
Radiale Längsschnitte durch das Holz; I. von Abies pectinata, II. von Pinus silvestris. Vergr. 1 : 400.

dagegen besitzen ein-, höchstens zweireihige Mark-Rindenstrahlen, und es behalten dieselben in Holz und Bast die gleiche Zellreihenzahl. Die Bündelstrahlen sind, mit Ausnahme von Ephedra (Fig. 157, IV.), welches neben schmalen auch solche von mehreren Reihen besitzt und welcher eigentliche Mark-Rindenstrahlen fehlen, bei allen Familien der Nadelhölzer, wie

Digitized by Google

bei den Cycadeen nur schmale einreihige (Fig. 157, I., II. u. III.). Hier und da erscheinen bei einigen Abietineen (Pinus canariensis, Larix) die

Fig. 157.



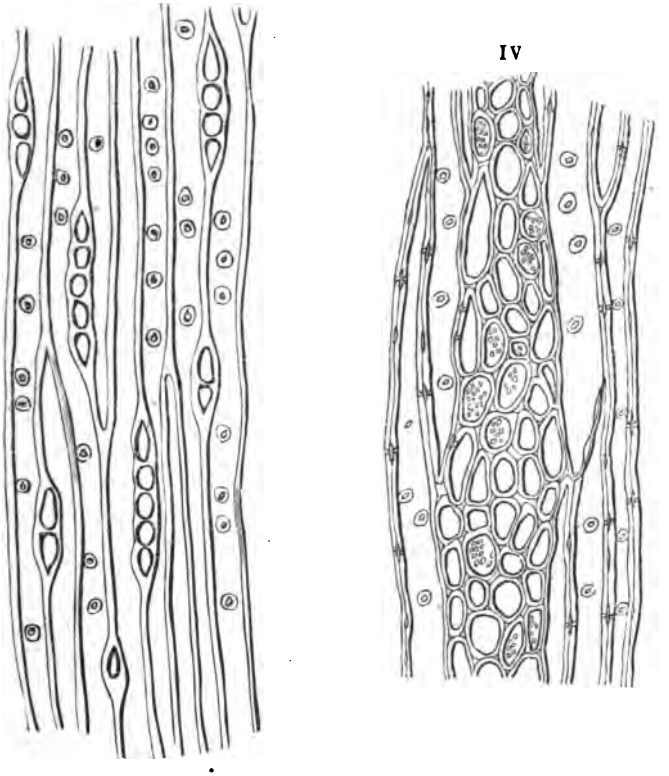
Tangentenschnitte durch das Holz; I. von Cycas spec., II. von Abies pectinata. Vergr. I. 1 : 250, II. 1 : 150.

Markstrahlen auf zwei bis drei Zellenreihen, oder noch stärker verbreitert, indem sich in einem solchen ein horizontaler Harzgang gebildet hat (Pinus, Picea und Larix).

Digitized by Google

Die Höhe der Markstrahlen wechselt auch hier je nach den verschiedenen Arten, ohne dass dieser Wechsel indessen so auffallend wird, wie bei den Dikotyledonen, und es schwindet derselbe umsomehr, als die-

Fig. 157.



Tangentenschnitte durch das Holz; III. von Taxus baccata, IV. von Ephedra. Vergr. 1 : 150 *).

ses Verhältniss bei ein und derselben Pflanze oft bedeutenden Abweichungen unterliegt. So z. B. wechselt die Höhe bei Taxus (Fig. 157, III.) nicht selten von 2 bis zu 24 senkrechten Zellenreihen.

6. Innerhalb des Gefässbündels auftretende, Luft oder eigenthümliche Säfte führende Canäle oder Gänge.

In dem Gewebe des Gefässbündels der Gefässkryptogamen, Monokotyledonen und Dikotyledonen erscheinen bei einzelnen Gattungen und Arten eigenthümliche, den in Mark und Rinde vorkommenden ähnliche Behäl-

*) Bei Fig. III. ist das Spiralband nicht mitgezeichnet.

Digitized by Google

ter, welche Luft oder andere ausgeschiedene Stoffe führen und unter dem Namen von Luft- und Saftbehältern, Luft- und Saftgängen etc. bekannt

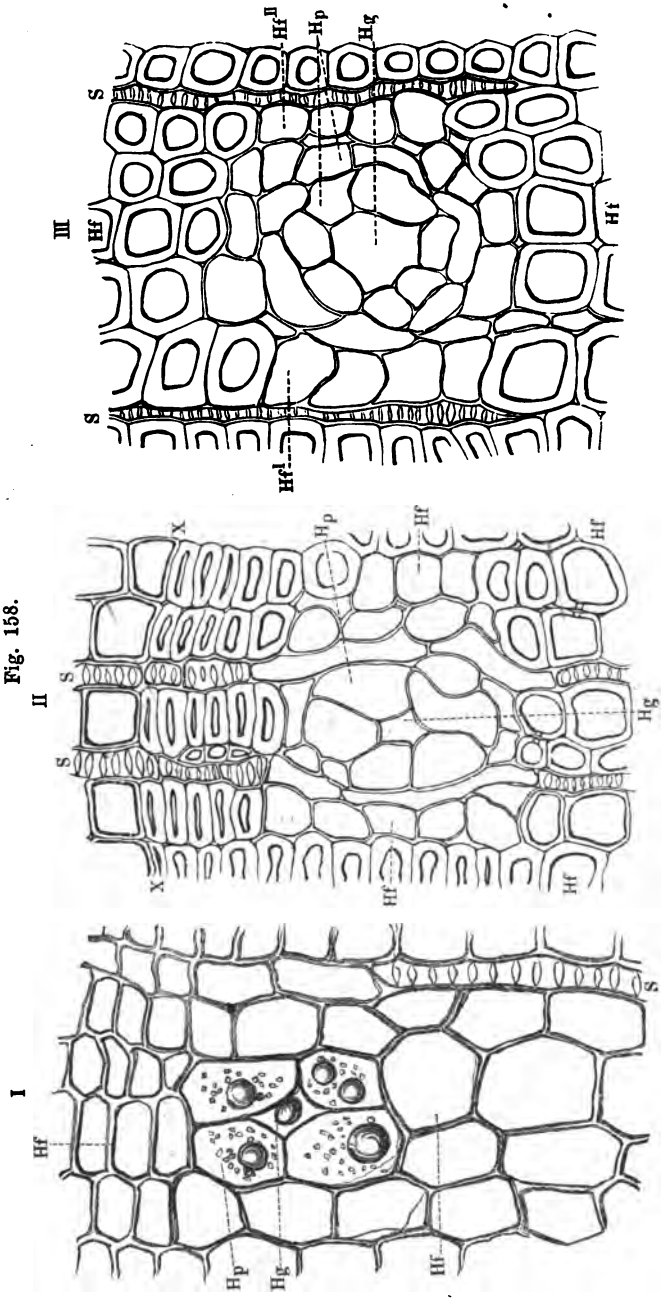


Fig. 158. I., II. und III. Verschiedene Entwickelungszustände der Harzgänge in dem Harze von Pinus silvestris. Vergr. 1 : 400.

Digitized by Google

sind. Luftgänge trifft man, soweit ich bis jetzt beobachtet habe, nur in dem Gefässbündel der Equiseten und einzelner Monokotyledonen. Die Entstehung dieser Luftgänge beruht bei den ersteren Pflanzen in dem Stengel auf der Resorption eines aus Gefässen und Parenchym bestehenden Gewebestranges, in der Wurzel — nach den Beobachtungen von Schacht — wenigstens theilweise auf der Resorption eines grossen centralen Spiralgefässes. Auch bei den Monokotyledonen verdanken dieselben nach meinen eigenen Beobachtungen ihren Ursprung demselben Vorgange, und sind die Luftgänge hier häufig nur entleerte Milchsaftgänge, wie bei Caladium, Xanthasoma u. s. w.

Die Behälter eigenthümlicher Säfte, Harz-, Gummi, Oel- und Milchsaftgänge, erscheinen seltener in dem Holz-, häufiger in dem Basttheile des Gefässbündels und entstehen daselbst in derselben Weise, wie in dem Rindengewebe.

Die Harzgänge in dem Holze der Abietineen (Pinus, Picea, Larix, Abies) bestehen in der Jugend immer aus einem Strange von zartwandigem, unverholztem, in der Regel einen verhältnissmässig kleinen, durch Auseinanderweichen der wenigen centralen Zellen gebildeten Intercellulargang umschliessendem Holzparenchym (Fig. 158, I. *Hg* u. *Hp*), dessen Inhalt in der Ruhezeit aus Stärkemehl besteht und später erst eine chemische Umwandlung in flüchtiges Oel und Balsam resp. Harz erleidet. Bei den erstgenannten Gattungen wird das zartwandige, sich durch Theilung vermehrende und den im Laufe der Entwickelung erweiterten, centralen Intercellulargang umgebende Parenchym (Fig. 158, II. u. III.), häufig schon sehr frühe und bevor seine Zellstoffhülle verholzt, in Folge der Harzbildung ganz oder theilweise resorbirt (Fig. 147, *Hg*), während bei der Weisstanne (und hie und da auch bei der Lärche) eine Resorption des centralen Stranges entweder ganz unterbleibt oder doch erst eintritt, nachdem die Zellstoffhülle seiner Zellen schon den Verholzungsprocess durchlaufen hat.

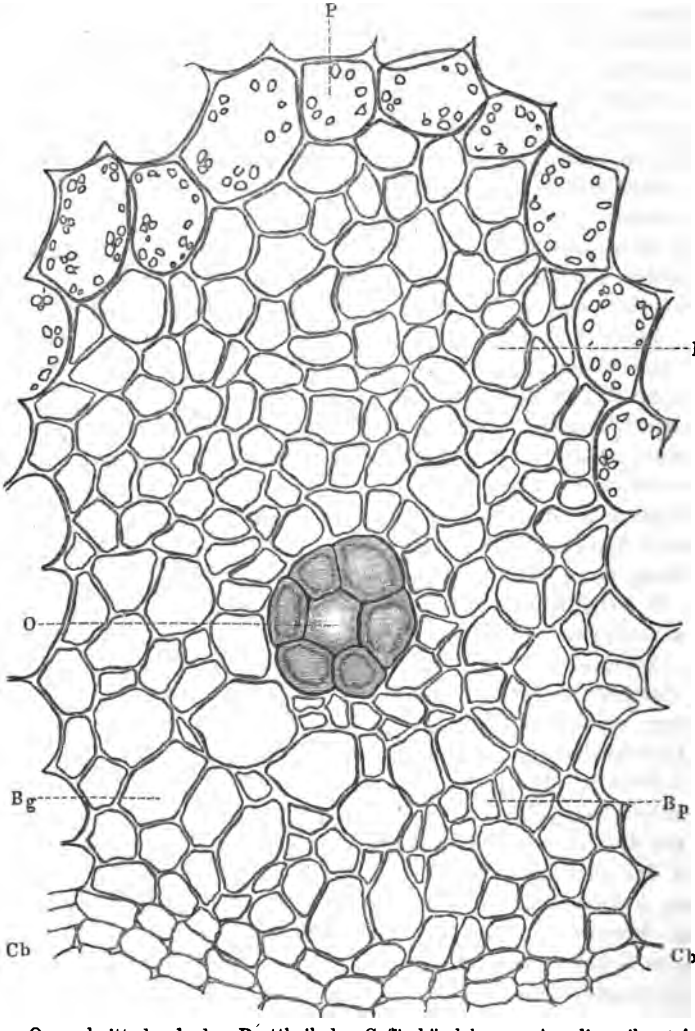
Ueber die Entstehung der eigentlichen Gummigänge stehen mir eigene Untersuchungen in genügender Vollständigkeit gegenwärtig noch nicht zu Gebote. Ich glaube indessen nach dem, was ich bis jetzt darüber gesehen habe, dass sie in ähnlicher Weise entstehen, wie die Harzgänge der Coniferen. Jedenfalls wird hier eine Grenze zu ziehen sein zwischen der normalen Entstehung von Gummigängen und der abnormen, gleichsam krankhaften Umwandlung von grösseren oder kleineren, ihrer grösseren Masse nach aus parenchymatischen Zellen bestehenden Gewebepartieen in Gummidrusen u. s. w., ehe man sich für oder wider die von Wigand neuerdings vertretene Ansicht entscheiden darf.

Die weiten Milchsaftgänge, wie sie in dem Basttheile des Gefässbündels der Rhusarten u. s. w. vorkommen, entstehen gleichfalls aus Strängen von zartwandigem, um einen Intercellulargang gruppirtem, langgestrecktem Parenchym und vertreten bei diesen Pflanzen wohl theilweise die Bastgefässe (Milchsaftgefässe). Die Milchsaftgänge in der Rinde von

Digitized by Google

Alisma, ebenso die Oelharzgänge (Fig. 159 *O*) inmitten oder im Umkreise der Bastbündel mancher Umbelliferen (Angelica, Anthriscus) gehen dagegen aus dem Auseinanderweichen eines aus zartwandigen, gestreckten Parenchymzellen bestehenden (im Querschnitt 5- bis 11- und mehrzelligen) Zellenstranges hervor, sind also Intercellulargänge. Die weiten Luft- oder

Fig. 159.



Querschnitt durch den Basttheil des Gefässbündels von Angelica silvestris. Vergr. 1 : 620.

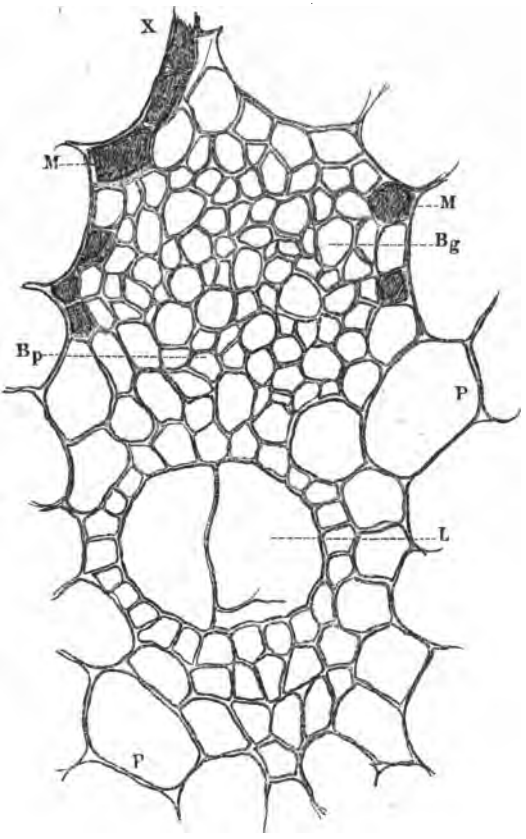
Milchsaftgänge der Aroideen endlich (Fig. 160 *L*) gehen ganz entschieden aus der Resorption von einem bis zwei weiten Spiralgefässen hervor, wel-

Digitized by Google

che man bei jüngerem Material häufig genug noch an Stelle der ersteren zu beobachten Gelegenheit hat.

Die nächste Umgebung aller dieser Behälter eigenthümlicher Säfte, mögen diese letzteren nun als eigentliche Secrete oder (wie der Milchsaft) als den Lebensprocessen wenigstens noch theilweise dienend zu betrachten sein, wird mindestens von einer, häufig aber auch von mehreren Reihen von Parenchymzellen gebildet, deren Inhalt in der Ruheperiode aus Stärkemehl und anderen Reservestoffen besteht, und während der Vegetations-

Fig. 160.



Querschnitt durch ein Gefässbündel von Xanthasama riolacecum. Vergr. 1 : 620.

zeit eine chemische Umbildung in die betreffenden Verbindungen erleidet. Aus dieser Umgebung findet dann eine unzweifelhafte Ausscheidung in die Saftbehälter und damit eine Vermehrung der schon in diesen enthaltenen eigenthümlichen Säfte statt.

Wo man angenommen hat, dass die in Rede stehenden Behälter sich mit einer eigenen Haut auskleideten, da beruht dies auf entschieden un-

Digitized by Google

genauer Beobachtung, wie man sich namentlich bei der Untersuchung der von derbwandigem Parenchym umgebenen Harz- und Milchsaftgänge auf das Sicherste überzeugen kann.

Zur Untersuchung über die Entstehung der Saftbehälter eignen sich natürlich nur die ruhenden Knospen oder die jüngsten Triebe während der Vegetationsperiode und hat man bei diesen, um sich einer Reihe möglichst lückenloser Entwickelungszustände zu versichern, von dem Vegetationspunkte an abwärts zu gehen, bis man zu völlig fertigen Zuständen gelangt ist. Zur Beantwortung der Frage, in welcher Weise die Bildung der eigenthümlichen Säfte selbst stattfindet, muss dagegen eine vergleichende Untersuchung im ruhenden Zustande und während der Vegetationszeit stattfinden.

Was die Art der Untersuchung betrifft, so gewähren hier zarte Quer- und Längsschnitte die einzig sicheren Anhaltspunkte. Mazerationspräparate können dagegen insofern in Betracht kommen, als sie über das Fehlen einer die Gänge auskleidenden eigenen Membran Gewissheit geben und für die engen Milchsaftgänge der Umbelliferen, die weiten milchsaftführenden Zellen des Hollunders etc. neben den Längsschnitten, durch welche die Querscheidewände blossgelegt werden, zur Beantwortung der Frage dienen können, ob man einen Saftgang oder ein Saftgefäss vor sich hat.

7. Rückblick auf die Untersuchungen über Gefässbündel.

Fassen wir zum Schlusse noch einmal die Hauptpunkte zusammen, auf welche man bei der Untersuchung des Gefässbündels im Allgemeinen zu achten hat und welche für die histiologische Charakterisirung der Gewächse von Wichtigkeit werden, so ergiebt sich Folgendes:

Erstens ist das Verhalten des Cambiums festzustellen und vor Allem die Frage zu beantworten, ob dasselbe nach Ablauf einer begrenzten Entwickelungsperiode eine vollständige Umbildung erleidet und seine Fortbildungsfähigkeit verliert (geschlossene Gefässbündel), oder ob es auch nach derselben noch in bildungsfähigem Zustande verharrt, um für die Folge noch der Zellenbildung und damit der Fortbildung des Gefässbündels (fortwachsende Gefässbündel) zu dienen.

Für den letztern Fall kommt dann zweitens in Betracht, ob die Producte der Neubildung durch alle Vegetationsperioden hindurch in ihrem gegenseitigen Verhältniss gleich bleiben, d. h. ob alle Jahresringe einen gleichartigen Bau zeigen oder ob sie in den späteren Vegetationsperioden eine Abänderung erleiden, so dass die späteren Jahresringe einen von dem der erstjährigen abweichenden Bau beobachten lassen. Zweitens ist zu erforschen, welcher Art die aus dem Cambium hervorgehenden Elemente des Gefässbündels sind, ob dasselbe also im ausgebildeten Zustande alle drei Zellenarten und ihre verschiedenen Umbildungen zu den Elementen

Digitized by Google

des Holz- und Basttheiles enthält, oder ob ihm die eine oder die andere der drei Zellenarten in einem dieser beiden Haupttheile abgeht.

Drittens ist die Anordnung der verschiedenen Elementarorgane in dem Gefässbündel zu beachten. Man wird für das monokotyledone Gefässbündel namentlich die Anordnung der Holz- und Bastfasern sowie die Stellung der Holz- und Bastgefässe ins Auge zu fassen haben. Für das Gefässbündel der Gymnospermen dagegen wird für die älteren Jahresringe namentlich die Vertheilung des Holzparenchyms und dessen Betheiligung an der Bildung der Harzbehälter von Interesse. Ein noch entschiedeneres Augenmerk erfordert endlich für das Gefässbündel der holzartigen Dikotyledonen das gegenseitige Stellungsverhältniss von dessen einzelnen Elementen im Allgemeinen sowohl als für die einzelnen Theile der Jahresringe. Wir haben hier zunächst das Verhalten der Gefässe zu beurtheilen und zu untersuchen, ob sie vereinzelt oder zu Gruppen vereinigt vorkommen, ob sie verschieden, und dann: in welcher Weise sie durch die einzelnen Jahresringe vertheilt erscheinen, wie sie sich in Bezug auf die Weite ihres Lumens verhalten. Einen weiteren Punkt von Wichtigkeit bildet das Verhältniss der parenchymatischen Zellen zu den übrigen Elementen des Holz- und Bastkörpers, und ist namentlich auf die Anordnung der aus dem Cambium des Gefässbündels hervorgegangenen secundären Markstrahlen zu achten und deren Bau zu charakterisiren, dann die Vertheilung des Holzparenchymes in den verschiedenen Partien des Jahresringes und dessen Stellung zu den Gefässen und in den verschiedenen Gruppen der stärker verdickten und dünnwandigeren Faserzellen des Holzkörpers, sowie die Stellung des Bastparenchymes zu den Bastfasergruppen und Bastgefässen zu studiren, wobei sich in den verschiedenen Gewächsen mannigfache Abänderungen bemerklich machen. Endlich verlangt die Vertheilung und das eventuelle Vorkommen der im Vorhergehenden unterschiedenen Modificationen der Holzzellen unsere Aufmerksamkeit, indem auch diese letzteren Umstände für die Charakterisirung einer bestimmten Holzart nicht ohne erhebliche Wichtigkeit sind.

Viertens müssen der Bau resp. die Durchbrechung der Gefässscheidewände sowie die Configuration der Verdickungsschichten sämmtlicher Zellenarten sorgfältig studirt und namentlich der Einfluss beachtet werden, welchen die aneinandergrenzenden Elementarorgane in Bezug auf dieses Verhältniss gegeneinander geltend machen.

Fünftens endlich verlangt der Inhalt der verschiedenen Zellenarten in verschiedenen Altersperioden wie in den verschiedenen Jahreszeiten ein eingehendes Studium, welches durch sorgfältige Anwendung der einschlägigen mikrochemischen Reagentien unterstützt werden muss. Namentlich verlangen parenchymatische Gefässbündeltheile in dieser Beziehung eine sorgfältige Beachtung.

Digitized by Google

Dritter Abschnitt.

DIE PFLANZENZELLE IN IHREM EINFLUSSE AUF DAS POLARISIRTE LICHT.

Abgesehen von einzelnen Inhaltskörpern der Pflanzenzelle erscheinen uns alle übrigen Bestandtheile, Zellhaut, Zellhülle, Kern u. s. w., als amorphe Körper. Da diese letzteren sich solange als einfach brechend erweisen, als der Gleichgewichtszustand ihrer kleinsten Theilchen (Moleküle) nicht durch äussere Einflüsse eine Aenderung erleidet, die Zellhülle, sowie manche Inhaltskörper, Stärke u. s. w., aber auf den ersten Blick als ganz entschieden doppeltbrechend erkannt werden, so ist die Frage nahe gelegt, ob nicht ähnliche Verhältnisse, wie sie in manchen von jenen (Glas) durch einseitige Erwärmung, einseitigen Druck und dergleichen hervorgerufen werden können, auch in diesen waltend sein müssen. Dass hier indessen nicht von solchen, durch einen in der Schichtung u. s. w. der Zellhülle, des Stärkekornes bedingten Druck hervorgerufenen Spannungen die Rede sein kann, worauf man (Max Schultze) die doppeltbrechenden Eigenschaften der Zellhülle, der Stärkekörner u. s. w. zurückzuführen versucht hat, ist einleuchtend. Es beweist im Gegentheil das sich wesentlich gleichbleibende optische Verhalten von Zellhüllen oder Zellhülltheilen, Theilen von Stärkekörnern und dergleichen, welche in verschiedene mechanische Spannungszustände gebracht werden, dass die ursprünglichen Verhältnisse der je zur Wirkung kommenden Elasticitätsachsen dadurch nicht wesentlich geändert werden, worauf schon Nägeli in der unten bezeichneten Arbeit hingewiesen hat. Die Beobachtung der fertigen Formenverhältnisse unserer Elementarorgane und der organischen Inhaltskörper, welche hier in Betracht kommen, namentlich aber die Entwickelungsgeschichte der Zellstoffhülle in ihren einzelnen Theilen, der Stärke u. s. w. führt uns indessen darauf hin, dass bei Entstehung und Ausbildung

Digitized by Google

aller dieser Producte des vegetabilischen Lebens verschiedene, theils von dem betreffenden Bildungscentrum ausgehende, theils peripherisch wirkende, unter dem gegenseitigen Einflusse der miteinander verbundenen Elementarorgane oder dieser und der Aussenwelt stehende physikalische und chemische Kräfte thätig sein müssen. Diese bedingen nun einestheils eine entsprechende Lagerung und bestimmte Gestaltung der kleinsten Theilchen, d. h. der Moleküle, anderntheils eine feste Orientirung derselben zu dem Zellencentrum, der Zellenachse, der Membranoberfläche u. s. w., wodurch Elasticitätsverhältnisse des ihre Atome umhüllenden Aethers hervorgerufen werden, wie sie bei anderen amorphen Körpern, denen ursprünglich isodiametrische Moleküle eigen sind, durch Spannungsverhältnisse, die in äusseren Einflüssen ihre Ursache haben, vorübergehend in die Erscheinung treten. Auf diese Weise wird jedes Molekül zu einem doppeltbrechenden Elemente, das seine optische Eigenschaft solange behält, als es nicht in Lage und Form eine Aenderung erleidet und dessen Wirkung sich mit jener der gleichgeformten und gleichgerichteten Moleküle der gleichen Membran oder Membranschicht zu der beobachteten Gesammtwirkung einer Zellhülle oder einer bestimmten Stelle derselben u. s. w. verbindet. Mechanische Wirkungen, welche allerdings die Entfernungen der einzelnen Moleküle und deren Stellung gegen gewisse ideale Punkte und Linien eines Organes, nicht aber deren Form und deren gegenseitige Orientirung in derselben Ebene und gegenüber gewissen Theilen des betreffenden Objectes äussern können, sind daher auch nicht im Stande, die optischen Eigenschaften wesentlich umzugestalten. Dagegen vermögen dies, wie unter anderen die Schiessbaumwolle und die Cuticularschichten der Oberhautzellen beweisen, wohl chemische Eingriffe, welche eine veränderte Lagerung der Atome und damit eine Formwandlung der Moleküle zu bewirken im Stande sind. Nicht das ganze Elementarorgan, den ganzen organischen Inhaltskörper oder gewisse Molekülcomplexe derselben in wechselnder Intensität treffende, sondern molekulare, jedem Moleküle eigene Spannungen sind also der Grund der Doppeltbrechung der histiologischen Elemente.

Da die uns hier beschäftigenden Elementarorgane zum grossen Theile als zur Prismen- und Cylinderform gehörig betrachtet werden können, oder sich nebst den Inhaltskörpern, soweit sie eben nicht Krystalle sind, unter die Kugel subsumiren lassen, so richten sich hiernach auch die zur Beobachtung zu bringenden Ansichten.

Wir werden von den beiden ersteren Formen den Quer- und Längsschnitt, sowie die Flächenansicht, resp. Querschnitt, Rand und Mitte des betreffenden Elementarorganes in Betracht zu ziehen haben.

Zur Erlangung des ersteren kann jeder Querschnitt des betreffenden Pflanzengewebes dienen. Derselbe muss indess gerade hier absolut senkrecht zur Zellenachse genommen und möglichst zart sein, um die auf demselben zur Geltung kommenden verschiedenen Wirkungsweisen der einzelnen Zellhülltheile u. s. w. mit Sicherheit feststellen zu können. Quer-

Digitized by Google

schnitte von Fadenalgen erlangt man am leichtesten und schönsten, wenn man einen Büschel derselben mit ziemlich starker Gummilösung (Band I. Seite 325) zu einem Stäbchen formt.

Längsschnitte selbst eigenen sich nur zur Beobachtung der Polarisationserscheinungen ihrer stehenden Wände, dagegen liefern sie, worauf wir weiter unten zurückkommen werden, für die Flächenansicht oft einander entgegengesetzte und verwirrende Bilder, mit denen man erst vertraut sein muss, ehe man sie zu deuten versuchen darf. Besser eignen sich hier mittelst des Mazerationsverfahrens isolirte Zellen, in denen, wenn die betreffenden Zellen nicht sehr stark verdickt sind, der optische Längsschnitt der stehenden Wände oder des Cylinders den wirklichen meistens vollständig zu ersetzen vermag.

Hat man sich mit den optischen Erscheinungen, welche die Flächenansichten der isolirten Zellen hervorrufen bekannt gemacht, dann kann der Längsschnitt für die Beurtheilung mancher Verhältnisse mit Vortheil zur controlirenden Beobachtung verwendet werden.

Trockene, in Luft befindliche Präparate geben, wie das natürlich ist, meist nur schlechte und undeutliche Bilder, es gibt indessen einzelne Objecte, welche auch diese Beobachtungsweise vertragen. Im Allgemeinen ist dieselbe für kein Object zu empfehlen, im Gegentheil ist hier ganz derselbe Weg der Umhüllung der betreffenden Präparate einzuschlagen, welcher bereits im ersten Bande vorgezeichnet wurde. — Dass die Objecte für Polarisationsuntersuchungen einer besonderen Einhüllungsflüssigkeit, z. B. des Canadabalsams, bedürfen, ist wohl von manchen Beobachtern behauptet worden, aber keineswegs nothwendig. Man gebrauche nur getrost seine Präparate so wie man sie zur Conservirung aufbewahrt hat und sie werden in keiner Weise die Resultate der Beobachtung nachtheilig beeinflussen. Nur in einzelnen Fällen mag die Farbengebung durch eine genau angepasste Zusatzflüssigkeit etwas brillanter werden, ohne dass aber nur dadurch Verhältnisse erkannt wurden, die, einen guten Polarisationsapparat vorausgesetzt, bei Anwendung eines anderen Mittels völlig dunkel geblieben wären.

Die Aufgaben, welche uns für die Ermittelung des optischen Verhaltens der Elementarorgane vorliegen, sind aus dem ersten Bande bereits bekannt. Die optisch zweiachsige Beschaffenheit ist für die Zellstoffhülle unschwer zu erweisen, ebenso ist es ziemlich leicht, die betreffende Eigenschaft für die organischen, doppeltbrechenden Inhaltskörper (Stärke, Inulin) wenigstens mit annähernder Sicherheit festzustellen, und bei den Krystallen bleibt schon gemäss der Krystallformen, in denen sie auftreten, kein Zweifel.

Anders dagegen gestaltet sich die Sache, wenn der Achsenwinkel und der positive oder negative Charakter bestimmt werden soll. Hier werden wir in den meisten Fällen das Ziel nicht zu erreichen vermögen. Das einzige, was uns dann festzustellen möglich wird, ist die Lage der

Digitized by Google

verschiedenen Elasticitätsachsen in Beziehung auf die räumlichen Dimensionen der betreffenden Objecte.

Um diese Aufgabe zu lösen, müssen wir den entgegengesetzten Weg einschlagen, den wir im ersten Bande, S. 435 u. f. verfolgten. Während wir dort die Elasticitätsachsen als gegeben betrachteten und aus diesen Daten die resultirenden Farbenerscheinungen ableiteten, haben wir hier von den auftretenden Farbenerscheinungen aus auf die Lage der Elasticitätsachsen zu schliessen. Um diesen Schluss mit der nöthigen Sicherheit vollziehen zu können, müssen wir die beiden in jeder der drei, je zwei Elasticitätsachsen aufnehmenden Ebenen zur Geltung kommenden Elasticitätsachsen kennen. Diese drei Ebenen erscheinen aber, den mit den räumlichen Dimensionen dahingehenden Verlauf der letzteren vorausgesetzt, im Quer-, Längs- und Tangentenschnitt oder an Stelle dieses in der Fläche des Prismas, resp. der Mitte des Cylinders. Verläuft nur die eine der Achsen in dem Radius und sind die beiden anderen unter irgend einem Winkel zur Zellenachse geneigt, wie wir dieses nicht selten zu constatiren im Stande sein werden, so gibt sich dieses sofort dadurch zu erkennen, dass die Flächen- oder Mittelansicht in keiner Stellung neutral wird und auch dann Farben hervorruft, wenn die Längsachse unter 0^0 oder 90^0 orientirt ist, d. h. parallel mit einer der Schwingungsebenen der beiden Nicols verläuft. Hier kommen dann im Quer- und Längsschnitt nicht die wahren Elasticitätsachsen zur Geltung, sondern es treten an deren Stelle jene Achsen, welche die Elasticitätsverhältnisse repräsentiren, die in einem dem Gesichtsfelde parallelen (elliptischen) Durchschnitte des geneigten Ellipsoids gegeben sind. Da aber auch in letzterem Falle diese Durchschnitte und ihre beiden Achsen von der Neigung der grösseren in dem Tangentenschnitte liegenden und der in dem Radius dahingehenden Achse abhängig sind, so lässt sich auch aus den hier zu beobachtenden Farbenerscheinungen für manche Fälle mit voller, in anderen mindestens mit annähernder Sicherheit die Lage der drei Elasticitätsachsen bestimmen.

Die Beobachtung des Querschnittes und der beiden Längsansichten bei einfach gekreuzten Nicols können uns hier nur über den mit dem Radius identischen Verlauf der im Querschnitt zur Geltung kommenden einen Elasticitätsachse, sodann über den mit den beiden anderen Ausmessungen parallelen oder zu ihnen geneigten Verlauf der beiden anderen, endlich über die Lage der Achsenebene im Querschnitt sichere Auskunft geben. Dagegen vermag sie uns über die übrigen obwaltenden Verhältnisse kaum entscheidende Daten zu liefern. Zur möglichst vollständigen Kenntniss ist daher die Beobachtung der verschiedenen Ansichten des betreffenden Objectes nach der Einschaltung eines verzögernden Plättchens angezeigt, um aus den auftretenden Additions- oder Subtractionsfarben die beziehentliche Richtung der beiden in dem entsprechenden Ellipsoiddurchschnitte zur Geltung kommenden Elasticitätsachsen zu ermitteln.

Digitized by Google

Um die richtige Stellung dieses Plättchens in dem Polarisationsapparate zu erzielen, bedient man sich zweckmässig eines seinem positiven oder negativen Charakter nach bekannten mikroskopischen, zwischen den gekreuzten Nicols auf dem dunklen Gesichtsfelde nur in Farben der ersten oder zweiten Ordnung leuchtenden am besten prismatischen Krystalles. Als besonders geeignet dürfte namentlich das in sechsseitigen Säulencombinationen krystallisirende schwefelsaure Natron-Kali und das in quadratischen Säulencombinationen auftretende phosphorsaure Kali zu empfehlen sein, von welchen das erste positiv, das andere negativ ist. Hat man die brillanteste Färbung des Gesichtsfeldes erreicht, was man leicht durch Drehen des verzögernden Plättchens zu beurtheilen vermag, und bringt dann eines der erstgenannten Krystalle derart unter das Mikroskop, dass seine Achse unter + 45° orientirt ist, so hat das erstere dann die richtige mit der grössten Elasticitätsachse unter + 45° orientirte ein- für allemal zu bezeichnende Lage, wenn der letztere in Additionsfarben erscheint. Im anderen Falle muss das eingeschaltete Plättchen um 90° gedreht werden. Verwendet man ein Krystall der zweiten Verbindung, so ist die richtige Stellung des Gypsplättchens dann vorhanden, wenn jener mit seiner Achse unter + 45° orientirt Subtractionsfarben zeigt.

Indem wir jetzt zu der Beobachtung der einzelnen Theile der Elementarorgane und der Inhaltskörper übergehen, befolgen wir dieselbe Ordnung, welche bei der histiologischen Betrachtung eingehalten wurde.

I. Optisches Verhalten der Zellhaut (des Primordialschlauches) und des Zellkernes.

Die Zellhaut, mag man sie für sich allein oder nach Einschaltung eines verzögernden Plättchens beobachten, äussert unter keinen Umständen und in keiner Orientirung irgend einen zu constatirenden Einfluss auf das polarisirte Licht. Wir haben in derselben somit eine einfach brechende Membran vor uns. Um hier zu sicheren Resultaten zu gelangen, ist es nothwendig, dass man freie Primordialzellen beobachte, bei denen die Erscheinungen nicht durch die umgebende Zellhülle complicirt oder verdunkelt werden. Jedenfalls aber muss man das Beobachtungsresultat da, wo man die durch chemische Mittel contrahirte Zellhaut innerhalb der Zellhülle beobachtet, sorgfältig von dem der letzteren zukommenden Einflusse auf das polarisirte Licht frei zu halten suchen. So erscheinen z. B. die Zellhäute mancher contrahirter Algenzellen, Spirogyra, Ulothrix etc., namentlich wenn sie sich in Folge einer schwachen Contraction noch nahe an der Zellhülle liegend befinden, unter scheinbarer Farbenänderung des Gypsgrundes u. s. w. oft da, wo die Additionsfarbe des Randes (unter + 45°) noch auf die Zellfläche hinübergeht,

Digitized by Google

scheinbar in schwachen violetten bis blauen, da wo die Farbe der Mitte vorherrscht, in matten, gelben oder orangefarbenen Tönen, welche nur durch die Einwirkung der letzteren zu Stande gekommen sind.

In gleicher Weise wie die Zellhaut verhält sich der Zellkern, auf den verschiedenen Entwickelungsstufen. Selbst da, wo derselbe eine ansehnlich derbe Umhüllung zeigt, äussert er durchaus keinen Einfluss auf das polarisirte Licht. Die gegentheiligen Angaben von Erlach beruhen auf Täuschung, indem hier bei den häufig gewölbten, verschiedentlich verbogenen, manchmal gar gefalteten Membranen dieselbe Fehlerquelle sich geltend macht wie oben und man getäuscht wird, Farbenerscheinungen, welche den Membranenflächen zukommen, auf den Kern zu übertragen.

II. Optisches Verhalten der Zellhülle.

1. Parenchymzellen.

Zellen der Lagerpflanzen.

Die Zellen der Pilze und Flechten zeigen meist nur schwache Doppelbrechung, so dass sie auf dem dunkeln Grunde des Gesichtsfeldes (bei gekreuzten Nicols) höchstens in den niedrigsten Farben der ersten Ordnung leuchten. Nur einzelne Arten lassen eine stärkere Einwirkung beobachten. So z. B. leuchten die Zellen des Hutes der Polyporusarten, die wirklichen und optischen Durchschnitte der Sporen von Tuber, von einzelnen Pezizen etc., ebenso die Zellen der Bartflechte Usnea sehr deutlich glänzend weiss.

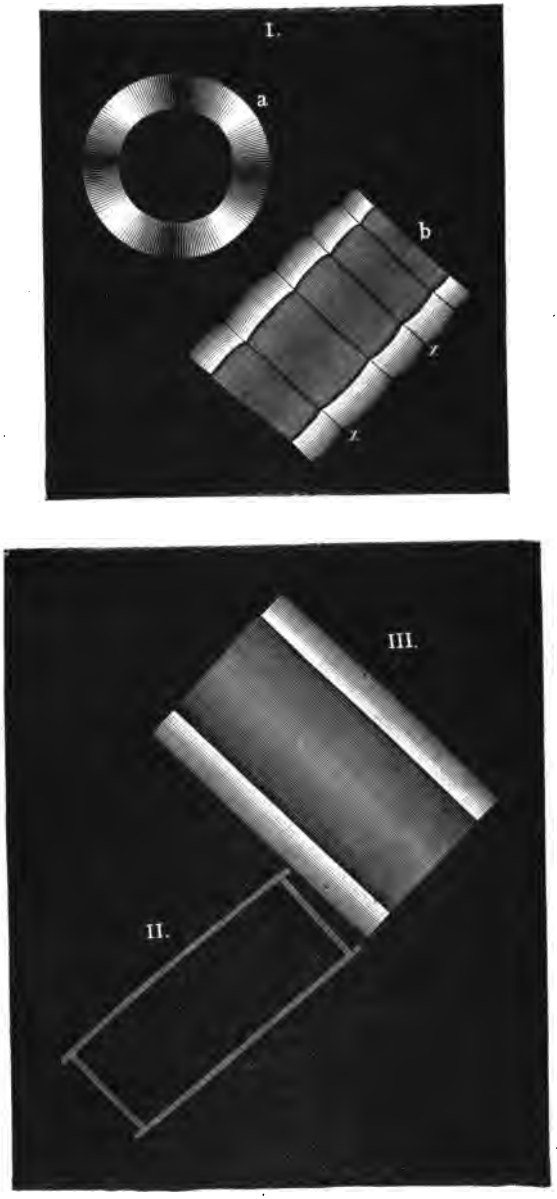
Etwas entschiedener tritt die polarisirende Wirkung der hierher gehörigen — auch der schwächer brechenden — Zellen dann hervor, wenn man ein Gypsplättchen vom Roth erster Ordnung über dem Condensator des Polarisators einschaltet.

Die Sporendurchschnitte, ebenso die Querschnitte der Hutzellen von Polyporus erscheinen dann in den Quadranten $+ 45^0$ orange bis gelb, in jenen $- 45^0$ *) violett bis dunkelblau gefärbt, während die cylindrischen Zellen des Thallus und des Fruchtorganes bei einer Orientirung $+ 45^0$ sowohl auf dem optischen Längsschnitt als auf der Fläche der Zellstoffhülle blaue, bei einer solchen $- 45^0$ gelbe Farben zeigen.

*) Da ich in dem ersten Theile die Quadranten des Querschnittes theils mit Rücksicht auf den gedachten Schichtenverlauf, theils nach dem sie durchschneidenden Durchmesser des Gesichtsfeldes bestimmte, wodurch leicht eine irrthümliche Auffassung veranlasst werden kann, so sind in der nachfolgenden Darstellung der Polarisationserscheinungen dieselben derart festgestellt, dass ich unter den Quadranten $+ 45^0$ und $- 45^0$ immer jene verstehe, welche von dem gleichnamigen Durchmesser des Gesichtsfeldes durchschnitten werden. Es würden sonach z. B. in Fig. 162 die von der Linie AA durchschnittenen Quadranten als unter $+ 45^0$, die von der Linie BB durchschnittenen als unter $- 45^0$ orientirt zu betrachten sein.

Digitized by Google

Fig. 161.



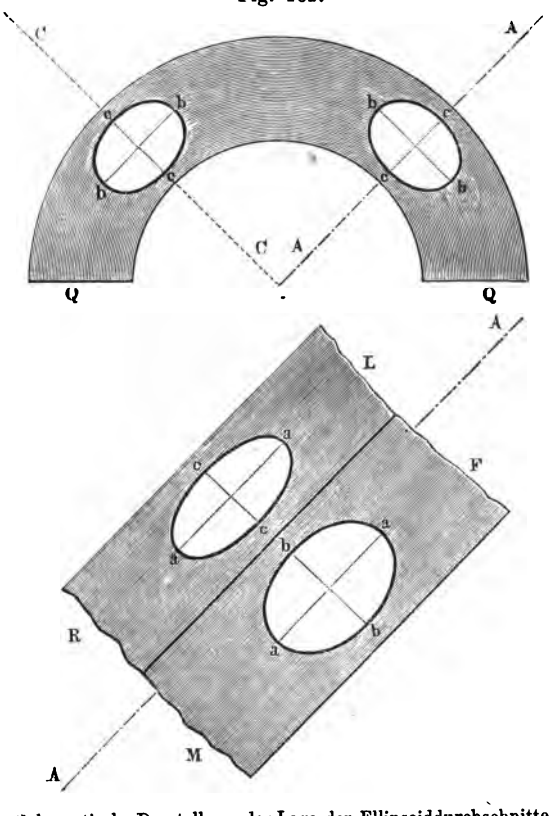
Verhalten verschiedener Zellen, Algenzellen. I. *a* Querschnitt einer verdickten Zelle von Corallina officinalis, I. *b* Längsansicht einer ähnlichen minder stark verdickten Zelle, *x* die Ansatzstellen der Seitenästchen unter $+ 45^0$, II. Eine Zelle von Cladophora glomerata unter $+45^0$, III. Theil einer Gliederzelle von Conferva Melagonium unter -45^0. Vergrösserung I. — III. = 1 : 50.

Digitized by Google

Es geht somit hier die grössere der je zur Geltung kommenden beiden Elasticitätsachsen in dem Querschnitte tangential, in dem Längsschnitte sowie in der Flächenansicht senkrecht respective longitudinal dahin. Die beiden unter 0° und 90° orientirten Lagen des Längsschnittes und der Flächenansicht verhalten sich neutral.

Aus der Combination der in den drei genannten Theilen der Zellstoffhüllen beobachteten Farbenänderungen des Gypsgrundes geht hervor, dass die radiale Axe die kleinste, die senkrechte die grösste, die tangentiale die mittlere sei, die Achsenebene somit in dem radialen Längsschnitte liegen muss (Fig. 162). Ob der Charakter der positive oder negative sei, bleibt unbestimmt, da die Lage der Mittellinie aus den gegebenen Daten nicht ersichtlich ist.

Fig. 162.



Schematische Darstellung der Lage der Ellipsoiddurchschnitte (Ellipsen), welche in Querschnitt, Rand (optischem Längsschnitt) und Mitte (Fläche) der Fadenzellen von Cladophora etc. zur Geltung kommen. $R(L)$ Rand, $M(F)$ Mitte, Q Querschnitt. AA grösste, CC kleinste Elasticitätsachse des Gypsplättchens. aa grösste, bb mittlere, cc kleinste Elasticitätsachse der Ellipsoidschnitte *).

*) Diese Bezeichnungsweise bleibt durch alle gleichartigen schematischen Figuren gleich.

Bei den Algen gibt der Querschnitt für sich das neutrale dunkle Kreuz mit den leuchtenden unter + 45° und — 45° liegenden Quadranten (Fig. 161 I. *a*), der Längsschnitt erscheint unter + oder — 45° orientirt in Weiss oder bei stärker verdickten Zellen Gelbweiss, die Fläche in Weiss (Fig. 161 I. *b*), Blaugrau, Dunkelgrau bis Schwarz (Fig. 161 II.), hie und da mit neutralen Streifen gegen die Ränder (Fig. 161 III.). Nur bei einzelnen sehr dickwandigen Arten, wie Corallina etc., treten auf Rand und Mitte der cylindrischen Zelle höhere Farben der ersten und zweiten Ordnung auf.

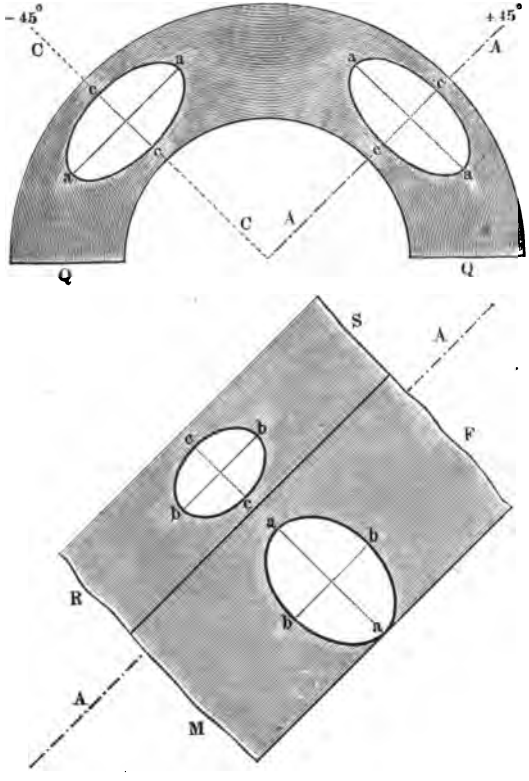
In Bezug auf das optische Verhalten der

Digitized by Google

betreffenden Zellen über dem eingeschalteten Gypsplättchen finden bei verschiedenen Arten etc. wesentliche Verschiedenheiten statt.

Den Zellen der Pilze und Flechten analog verhalten sich jene der Cladophora glommerata und fracta, mancher Spirogyra- und Confervaarten etc., indem der Querschnitt in den Quadranten unter + 45° Subtractionsfarben, in denen unter — 45° Additionsfarben zeigt, Längsschnitt und Flächenansicht aber wechselweise in beiden genannten Lagen die entgegengesetzten Farben hervorrufen, d. h. die rothe Farbe des Gypsgrundes im Längsschnitt und in der Flächenansicht beziehungsweise in Blau oder Gelb umändern. Hiernach sind die Achsenverhältnisse hier ganz die gleichen, wie bei der vorhergehenden Zellengruppe.

Fig. 163.



Die in Querschnitt, Rand und Mitte der Zelle von Conferva Melagonium u. s. w. zur Geltung kommenden Ellipsoiddurchschnitte.

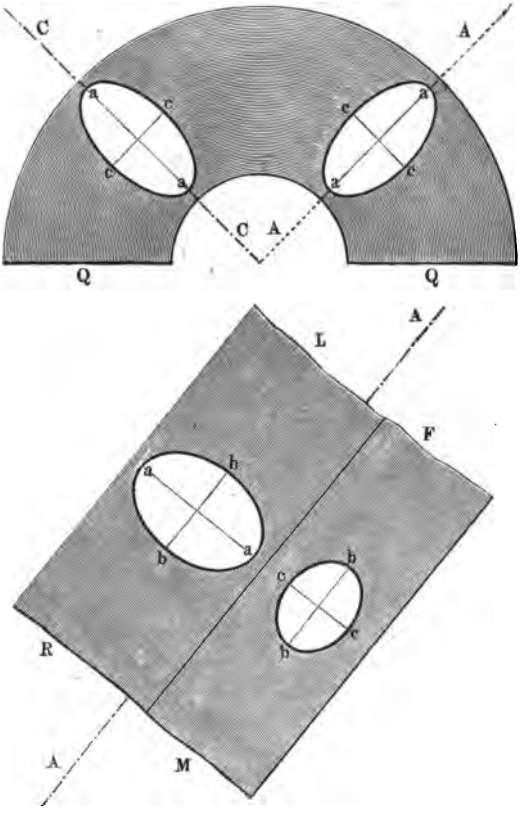
Ein anderes Verhältniss zeigen einige andere Algen, unter diesen z. B. einzelne Arten von Oedogonium, die dünnwandigen Zellen der Spirogyren- und Ulothrixarten, Conferva Melagonium etc. Hier ändert der Querschnitt die Grundfarbe unter + 45° in Gelb, unter — 45° in Blau, der Längsschnitt beziehentlich in Blau und Gelb, die Flächenansicht in Gelb und Blau, während zwischen den Rändern und der Mitte und zwar ziemlich nahe dieser zwei neutrale Streifen auftreten, welche den Gypsgrund wiedergeben. Hiernach muss in dem erstern und der letztern die grössere Achse tangential, im zweiten axial liegen, also die kleinste Elasticitätsachse eine radiale, die grösste eine tangentiale, die mittlere eine longitudinale Stellung einnehmen und die Achsenebene in den Querschnitt fallen. Manche dieser Algenfäden erscheinen unter 0° und 90° auf der Fläche neutral, andere lassen dagegen Färbungen erkennen — die indessen, sei dies in Folge der

Digitized by Google

schwachen Wirkung, sei es in Folge von durch die Aufbewahrung (wie bei Conferva Melagonium etc.) hervorgerufenen Eingriffen in die Zellstoffhülle (Faltungen und dergleichen) — nicht bestimmt genug ausfallen, um ein sicheres Urtheil zu fällen.

Möglich daher, dass in diesem letzteren Falle dieselben Verhältnisse der feineren Structur sich geltend machen, wie wir dies weiter unten bei den Zellen der höheren Gewächse mehrfach zu erörtern Gelegenheit haben werden.

Fig. 164.



Die in Querschnitt, Rand und Mitte der Caulerpazellen zur Geltung kommenden Ellipsoiddurchschnitte.

Wird Conferva media, nachdem die anhaftenden Kalktheilchen durch Salzsäure gelöst sind, einige Zeit in kalter Kalilauge mazerirt, so ändern sich in manchen Zellen des Fadens die Lichtbrechungsverhältnisse, welche ursprünglich entweder mit denen der Cladophora glommerata übereinstimmen, oder auf der Flächenansicht stellenweise wechselnde Färbungen hervorbringen, nun in merkwürdiger Weise, während zugleich die verschiedenen Streifensysteme der Zellstoffhülle deutlich hervortreten. Der Querschnitt zeigt noch die bezüglich in dem Durchmesser $+ 45^0$ und $- 45^0$ liegenden gelben und blauen Quadranten, ebenso behält der optische Längsschnitt seinen additionalen Charakter bei; die Fläche aber ändert den Gypsgrund in Gelb um, während zwischen den Rändern und der Mitte zwei neutrale Streifen erscheinen, so dass also das gleiche Verhalten eintritt, wie wir es bei Conferva Melagonium beobachteten.

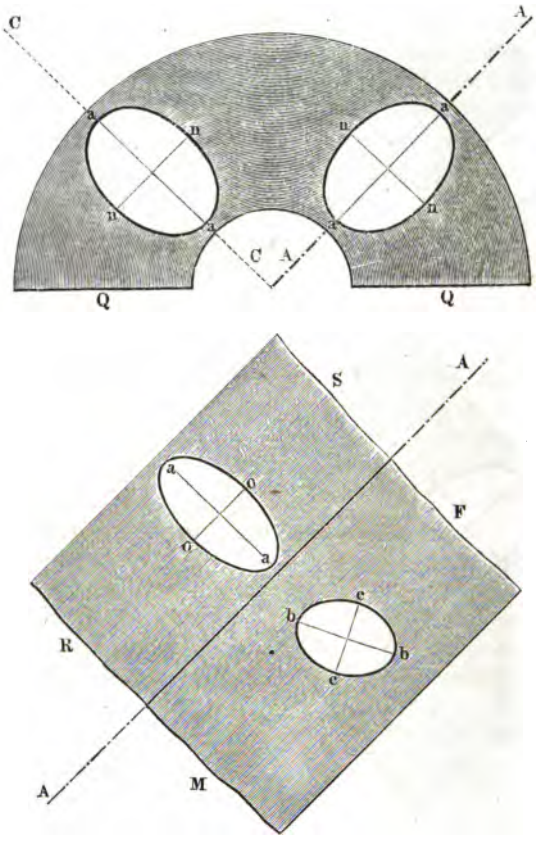
Die verschiedenen Caulerpaarten färben den Gypsgrund im Querschnitt unter $+ 45^0$ blau, unter $- 45^0$ gelb, während unter gleicher Orientirung der Längsschnitt Gelb und Blau, die Flächenansicht — ganz junger Zweige wenigstens, denn bei den älteren verhält sich diese an

Digitized by Google

verschiedenen Stellen verschieden und erscheinen diese je blau oder gelb gefärbt — Blau und Gelb hervorrufen.

Die Stellung der je zur Geltung kommenden grösseren Elasticitätsachse ist demnach im Quer- und Längsschnitt radial, in der Fläche senkrecht oder axial (Fig. 164 a. v. S.), woraus folgt, dass bei Lage der Achsenebene im Querschnitt die radiale Achse die grösste ist. Bei älteren Theilen

Fig. 165.



Ellipsoidalschnitte älterer Caulerpatheile. *nn* und *oo* die aus der Neigung der mittleren und kleinsten Achse in Quer- und Längsschnitt resultirenden Achsen der Ellipsoidalschnitte.

der Pflanze würde dies Verhältniss sich dann stellenweise für jene Theile, welche als Wurzelfasern bezeichnet werden, und welche — bei gleichem Verhalten des Querschnittes wie die Stengeltheile — in Längsschnitt und Flächenansicht unter + 45° das Roth des Gypsplättchens auf Orange bis Gelb und resp. Weissgelb erniedrigen, unter — 45° auf Blau erhöhen, so

Digitized by Google

umgestalten, dass bei gleicher Stellung der grössten Achse entweder die Achsenebene in den Radialschnitt fiele, also die mittlere Achse tangential, die kleinste axial zu liegen käme, oder — was dadurch wahrscheinlich wird, dass die betreffenden Pflanzentheile unter 0° und 90° nicht neutral werden, sondern mehr oder minder stark ausgesprochene wechselnde Farbentöne zeigen — dass die mittlere Elasticitätsaxe aus der axialen Lage in eine um mehr als 45° zur Zellenachse geneigte überginge (Fig. 165).

Die Zellen der Fucoideen (Fucus, Laminaria) erniedrigen auf dem Querschnitte in den Quadranten + 45° die Farbe des Gypsgrundes auf Gelb, während sie dieselbe in jenen — 45° auf Blau erhöhen. Der optische Längsschnitt erscheint unter + 45° orientirt, lebhaft dunkel- bis hellblau, die Flächenansicht schwach orangefarben, ohne dass mit voller Sicherheit zu entscheiden wäre, ob zwischen der Additionsfarbe des ersteren und der Subtractionsfarbe des letzteren neutrale Streifen auftreten.

Der Querschnitt von Corallina officinalis, mag er von stark verdickten oder den noch kaum verdickten Zellen genommen sein, zeigt immer unter + 45° Subtractions-, unter — 45° Additionsfarben, welche je nach der Dicke von Orange bis Weisslich und von Dunkelblau bis Grünlichblau wechseln. Rand und Mitte der cylindrischen Zellen zeigen für verschiedene Individuen verschiedenes Verhalten. So befinden sich bei manchen der von dem Mittelstamme ausgehenden wenig verdickten Aestchen der optische Längsschnitt sowohl als die Flächenansicht unter + 45° in Addition, während bei anderen nur der erstere den Gypsgrund in der Farbe erhöht, die letztere aber erniedrigt, und die beiden neutralen Streifen zwischen Rand und Mitte auftreten. In gleicher Weise wie die Astzellen verhalten sich die Stammzellen an allen den Stellen, welche von den Ansatzstellen jener frei sind. Es steht somit hier im Querschnitt die grössere der beiden Elasticitätsachsen tangential, die kleinere radial, während im ersteren Falle die grössere Achse in Rand- und Flächenansicht longitudinal oder axial gestellt ist, im anderen diese Stellung nur der Randansicht zukommt, in der Flächenansicht aber in die tangentiale übergeht.

Hieraus folgt, da sich auch die glatten Wandstellen unter 0° und 90° als neutral erweisen, dass für beide Fälle die kleinste Elasticitätsachse radial gerichtet ist, im ersteren die grösste Elasticitätsachse axial, die mittlere tangential dahingeht und die Achsenebene im Radialschnitt liegt, im anderen aber, bei tangentialer Lage der grössten und axialen der mittleren Achse, die Achsenebene in den Querschnitt fällt.

Die Zellen des Stengels von Polysiphonia complanata verhalten sich ganz so wie die Fadenzellen der Cladophora, und ebenso lassen mehrere Formen der Ceramiaceen ein gleiches Verhalten beobachten.

Digitized by Google

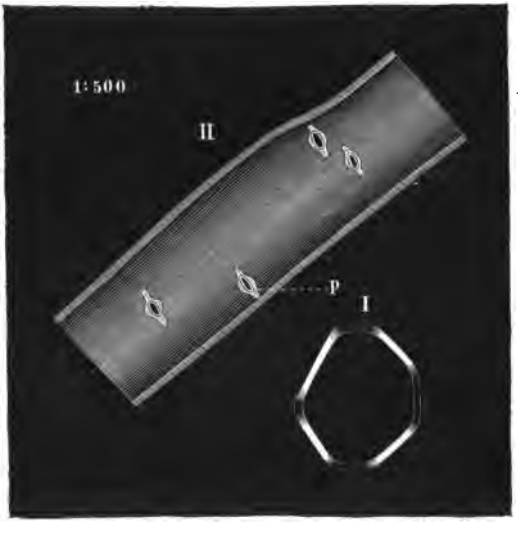
Zellen der Moose.

Das Parenchym des Stengels der Laub- und Lebermoose zeigt, soweit ich beobachtet habe, durchgängig das gleiche Verhalten. Der Querschnitt erhöht das Roth des Gypsplättchens in den Quadranten von -45^0 zu Blau, und erniedrigt es in den Quadranten von $+45^0$ zu Gelb. Der Längsschnitt erscheint unter der Orientirung von $+45^0$ blau, die Flächenansicht schwach orange gefärbt, während bei einer Drehung um 90 Grad. also unter -45^0, eine Umkehrung der Farbenverhältnisse eintritt. Der Querschnitt und die Flächenansicht haben sonach die grössere Achse tangential, der Längsschnitt axial oder longitudinal gerichtet. Hieraus dürfte wohl, da die grösste Elasticitätsachse jedenfalls tangential gerichtet ist, die Achsenebene in den Querschnitt fallen.

Parenchym der Gefässkryptogamen und Phanerogamen.

Das gestreckte Parenchym des Stengels der Gefässpflanzen zeigt für den Querschnitt ein völlig übereinstimmendes Verhalten. Dieser besitzt für sich das neutrale Kreuz unter 0^0 und 90^0 (Fig. 166 I.), und auf dem Gypsgrunde beobachtet man die vier gefärbten Quadranten, von denen die unter $+45^0$ sich in Subtraction, die unter -45^0 in Addition befinden. Für die Längsansichten machen sich dagegen verschiedene Abweichungen in der optischen Wirkungsweise geltend.

Fig. 166.



I. Querschnitt einer Parenchymzelle von Equisetum arwense. II. Theil einer ähnlichen isolirten Zelle unter $+45^0$. *p* spaltenförmige, horizontalgestellte Poren. Vergr. 1 : 500.

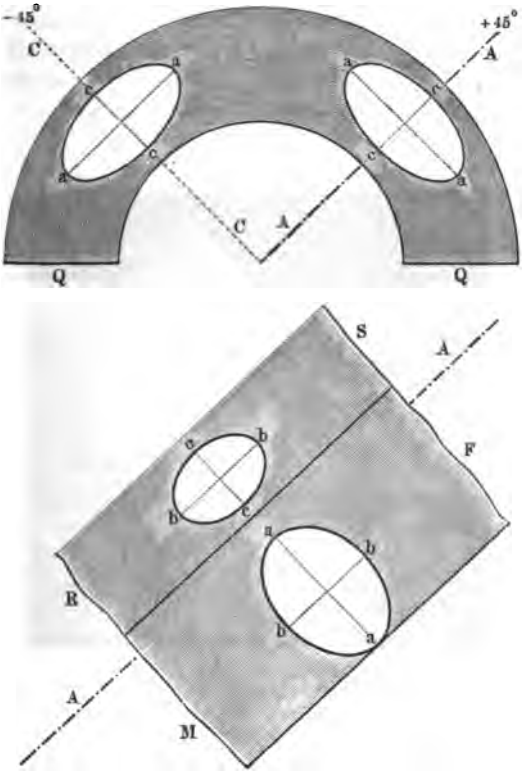
Die gestreckten dünnwandigen Parenchymzellen des Stengels von Equisetum, der Wedel von Pteris aquilina und anderen einheimischen Farnkräutern, von Cycas, Dion, Ceratozamia (Wedelstiel), von Asparagus, Pothos, Anthurium, Arundo donax,

Digitized by Google

Aloe (Blüthenschaft im inneren Theile) u. s. w., die Albumenzellen von Phoenix, die Zellen des gestreckten Markparenchyms vieler Dikotyledonen zeigen, soweit sie horizontal-spaltenförmige Poren oder auch glatte Wände besitzen, folgendes Verhalten.

Der wirkliche, oder bei mazerirten Zellen der optische Längsschnitt resp. der Cylinderrand erhöht den Gypsgrund zu Blau, die Flächenansicht

Fig. 167.



Die in Querschnitt, Rand und Mitte der dünnwandigen gestreckten Parenchymzellen mit horizontal gestellten Porenspalten zur Geltung kommenden Ellipsoidenschnitte.

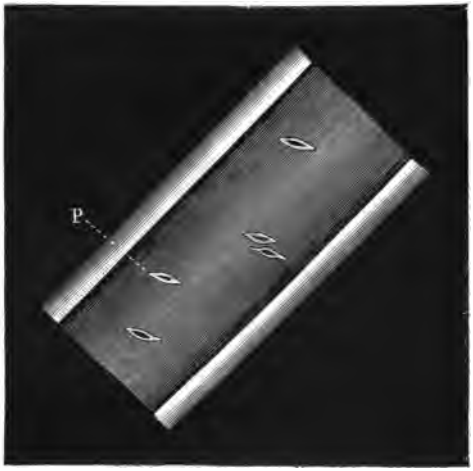
oder die Mitte des Cylinders erniedrigt ihn zu Gelb, während bei prismatischen Zellen die geneigten Scheidewände bald in Addition, bald in Subtraction, bald neutral erscheinen. Bei cylindrischen Zellen treten ausserdem in dem dunklen Gesichtsfelde, wie über dem Gypsplättchen zwischen Rand und Mitte zwei neutrale Streifen auf (Fig. 166 II.), welche namentlich bei nicht zu schwach verdickten Exemplaren, die auf der Cylinderfläche stärker ausgeprägten Subtractionsfarben zeigen, sehr deut-

Digitized by Google

lich zu beobachten sind. Die Stellungen unter 0^0 und 90^0 lassen die Zellen neutral erscheinen.

Diese Farbenerscheinungen bedingen für die grösseren der je zur Geltung kommenden Elasticitätsachsen im Querschnitt eine tangentiale, im Längsschnitt oder in der Cylinderwand eine axiale, in der Fläche oder der Cylindermitte eine tangentiale Stellung (Fig. 167 a.v.S.), woraus hervorgeht, dass bei tangentialer Lage der grössten Elasticitätsachse die Achsenebene von dem Querschnitte aufgenommen wird, da für diese Zellenform eine schiefe Lage der axialen und tangentialen Axen nicht angezeigt erscheint. Der positive oder negative Charakter bleibt unbestimmt, da nicht zu entscheiden ist, ob die tangentiale (grösste) oder die radiale (kleinste) Elasticitätsachse als Mittellinie angenommen werden muss.

Fig. 168.



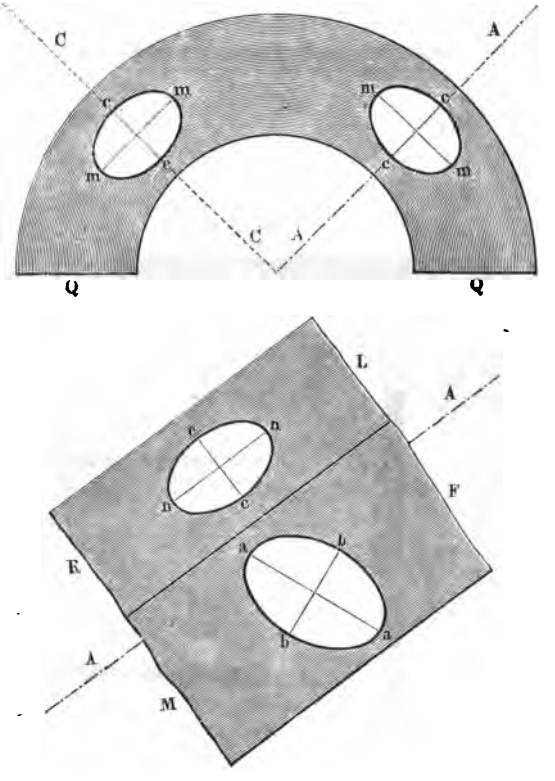
Theilstück einer der verdickten Markparenchymzellen von Clematis vitalba mit zur Zellenachse geneigten, in einer rechtswandigen Spirale ansteigenden, spaltenförmigen Porencanälen *P*. Vergr. 1 : 500.

Die Zellen des Holzparenchyms mancher Laubhölzer, ferner die gestreckten Parenchymzellen, z. B. des Markes dieser und anderer Pflanzen (Equisetum u. s. w.), denen eine mässige, die Markzellen von Clematis, denen eine ziemlich stark entwickelte secundäre Wandverdickung eigen ist, besitzen etwas in die Breite gezogene Poren, deren Längendurchmesser in der oberen Wandfläche isolirter Zellen in einer stark nach rechts, in der unteren in einer ebenso nach links geneigten Spirale aufsteigt, also mit der Zellenachse einen zwischen 45^0 und einem Rechten liegenden Winkel bildet. Diese Structur lässt auf eine spiralige Anordnung der betreffenden Verdickungsschichten schliessen, durch welche voraussichtlich die Stellung der in dem Tangentialschnitte liegenden Elastici-

Digitized by Google

tätsachsen alterirt werden muss, indem diese, dem Verlaufe der Spirale folgend, eine zur Zellenachse geneigte Stellung annehmen (Fig. 169). Das optische Verhalten bestätigt diese Voraussetzung vollständig. Isolirte Zellen, welche sich sonst denen der vorhin betrachteten Gruppe ganz gleich verhalten und namentlich sehr deutliche Streifen gegen die Ränder zeigen (Fig. 168), erscheinen auf der Fläche nämlich in keiner Stel-

Fig. 169.



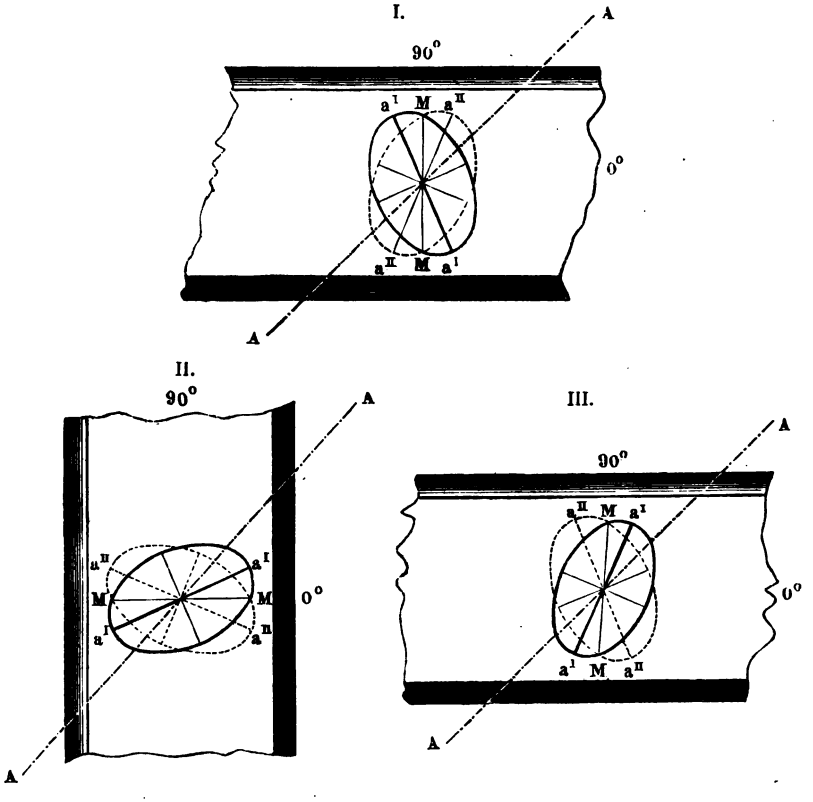
Die in Querschnitt, Rand und Mitte der Markzellen von Clematis u. s. w. zur Geltung kommenden Ellipsoiddurchschnitte. *m m* und *n n* die aus der Neigung des Elasticitätsellipsoides resultirenden respectiven grössten und mittleren Achsen.

lung neutral. Mit der Längsachse unter 90° orientirt, erniedrigen dieselben den Gypsgrund zu Röthlichorange bis Orange, unter 0° erhöhen sie ihn auf Blauviolett bis Indigo, woraus hervorgeht, dass die grösseren Achsen der in der oberen und unteren Wandfläche zur Geltung kommenden Elasticitätsellipsen unter einem über 45° hinausgehenden Winkel zu jener geneigt sind (Fig. 169). Auf Längsschnitten tritt hier in dem Ver-

Digitized by Google

halten solcher Zellenschnitte, wo nur die aneinandergrenzenden Scheidewände je zweier Zellen erhalten, die oberen und unteren Wandflächen dagegen weggeschnitten sind, insofern ein Wechsel ein, als unter der oben angenommenen Orientirung gerade der entgegengesetzte Farbencharakter hervorgerufen wird. Diese auffällige Erscheinung erklärt sich sofort, wenn man die Aufeinanderfolge der sich in ihrer Wirkung verbindenden

Fig. 170.



I. Die beiden auf oberer und unterer Wandmitte zur Geltung kommenden Ellipsoidquerschnitte der unter 0° orientirten Zelle von Clematis u. s. w. *MM* Mittellinie, a^{II} untere, a^{I} obere grösste Elasticitätsachse, *AA* grösste Achse des Gypsplättchens. — II. Gleiche Darstellung bei einer Orientirung der Zelle unter 90°. — III. Gleiche Darstellung für die beiden Wände zweier aneinandergrenzender Zellen bei Orientirung unter 0°.

Elasticitätsachsen berücksichtigt. Im ersteren Falle steigt die grössere Achse der unteren Zellfläche nach einer links-, die der oberen nach einer rechtswandigen Spirale an, während dies Verhältniss im anderen Falle eine Umkehrung erleidet. Wir haben dort bei der Orientirung der Zelle resp. der Zellenachse unter 0° die sogenannte Consecutiv-, unter 90° die Alternativstellung (Fig. 170 I. u. II.), hier dagegen (Fig. 170 III.)

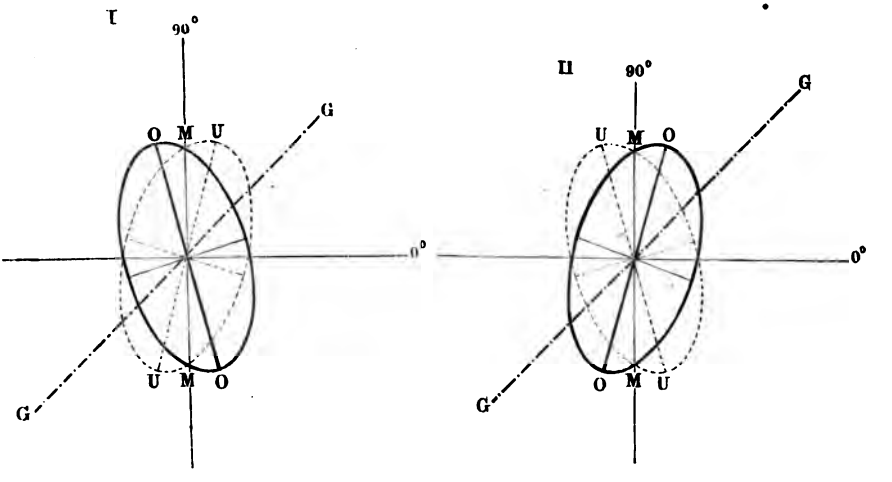
Digitized by Google

unter 0° die Alternativ-, unter 90° die Consecutivstellung der grösseren Achsen von Gypsplättchen, von unterer und oberer Zellfläche, während die Mittellinie der beiden letzteren resp. unter 90° und 0°, und unter 0° und 90° dahingeht, also senkrecht zur Zellenachse gerichtet ist *).

---

*) Auf dieses Verhältniss der Aufeinanderfolge der geneigten Achsen habe ich in der Behandlung des betreffenden Verhaltens zweier Gypsplättchen Seite 427 des ersten Bandes keine Rücksicht genommen. Erst das verschiedene Verhalten der Markzellen von Clematis im Längsschnitt führte mich darauf hin und fand ich die betreffende Aufklärung in Nägeli's Abhandlung, Seite 94 u. f., dessen Bezeichnung ich oben gefolgt bin. Unter Consecutivstellung hat man jene Anordnung der drei gleichwerthigen Elasticitätsachsen von der Prüfungsplatte *G* und den beiden übereinanderliegenden Versuchsplättchen *U* (das untere), *O* (das obere) zu verstehen, bei der sich jene von unten nach oben wendeltreppenartig folgen (Fig. 171 I.). Alternativstellung dagegen bezeichnet

Fig. 171.



Die Elasticitätsellipsen I. zweier nach linkswendiger Spirale gekreuzter, mit ihrer Mittellinie unter 90° orientirter Gypsplättchen gleicher Farbe über dem feststehenden Gypsplättchen, *G* Consecutivstellung; — II. zweier nach rechtswendiger Spirale gekreuzten gleichfarbigen Plättchen unter 90°, Alternativstellung; *GG* grösste Elasticitätsachse des feststehenden Gypsplättchens, *UU* und *OO* die gleichen Achsen des unteren und oberen der gekreuzten Plättchen, *MM* deren Mittellinie.

jene Lage, wo die drei in Betracht kommenden gleichwerthigen Achsen im Zickzack aufeinanderfolgen (Fig. 171 II.). Dass der Consecutivstellung unter 0° bei unveränderter Lage des Plattenpaares, unter 90° die Alternativstellung folgen muss und umgekehrt, dass die erstere, möge sie unter 0° oder unter 90° eintreten, eine Erhöhung, die letztere eine Erniedrigung des Farbencharakters bedingt, ist einleuchtend und kann leicht durch den Versuch erwiesen werden, indem man in den Versuchsplättchen die grössere Elasticitätsachse erst in dem oberen, dann in dem unteren eine von der Mittellinie nach links abweichende Lage einnehmen lässt.

Digitized by Google

Ein von dem eben geschilderten ganz verschiedenes Verhalten macht sich für die stärker verdickten, verholzten Parenchymzellen aus der Rinde der Equiseten und der Farnkräuter für die bekannten, die Gefässbündel umgebenden und auch zerstreute Bündel bildenden faserartigen Zellen aus dem Stamme und Wedelstiele der einheimischen und tropischen Farnkräuter, dann für die verholzten Parenchymzellen, welche bei den Monokotyledonen die Rinde von dem Inneren des Stammes scheiden und sich z. B. in dem Blüthenschafte von Aloe sehr schön in langgestreckter Parenchymform ausgeprägt finden, bemerkbar.

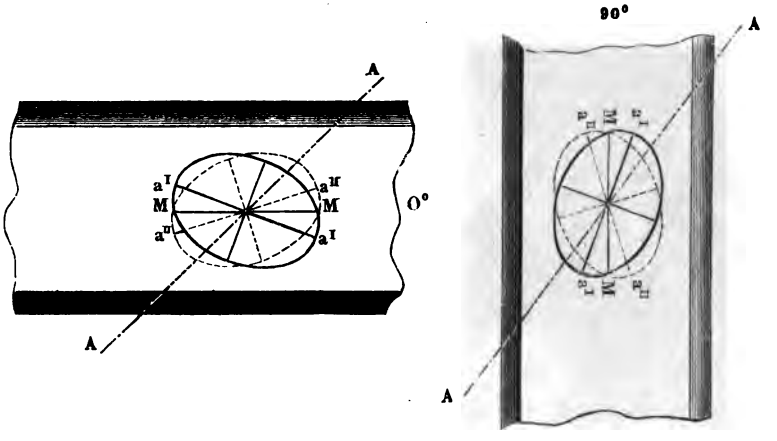
Bei allen diesen, steil ansteigende Porenspalten besitzenden Zellen reagirt der Querschnitt zwar ganz gleich gegen unser Gypsplättchen, wie bei der vorigen Gruppe; der optische Längsschnitt (resp der Rand), und die Flächenansicht (resp. die Mitte) des Cylinders aber, welche für sich beobachtet ohne neutrale Streifen (Fig. 173 III.) und in keiner Stellung neutral erscheinen, befinden sich bei dem Mangel der neutralen Streifen unter + 45° oder — 45° orientirt beide in Addition oder Subtraction. Bei den verhältnissmässig dünnwandigen Zellen der Equiseten- und Farnkräuterrinde, der verholzten faserartigen Zellen von Pteris etc. und der Rindenscheide von Aloe tritt auf dem optischen Längsschnitte Violett bis Roth, auf der Mitte Blau bis Blaugrün zweiter Ordnung auf, während das Steigen und Sinken der Farben auf dem Cylindermantel der stark verdickten Zellen von Cyathea incana, Alsophila senilis u. s. w. in schmäleren und breiteren farbigen Streifen in der Reihe der Newton'schen Scala erfolgt. Da hier die Stellung der Poren und die deutlich von diesen ausgehenden streifenartigen Unterbrechungen der secundären Verdickungsschichten eine spiralige Ablagerung dieser letzteren bekunden, so dürfte das beobachtete optische Verhalten wol einzig durch die secundäre Zellstoffhülle hervorgerufen sein, deren optische Wirkung vermöge ihrer Dicke jene der primären Wand überwiegt, und es würden in ihr bei radialer Stellung der kleinsten Elasticitätsachse die beiden anderen die Zellenachse unter einem schiefen Winkel schneiden, welcher bei der grössten, die parallel der nach rechts aufsteigenden Spirale der Streifen dahingeht. jedenfalls unter 45° bliebe.

Für die erstere Voraussetzung scheint mir ein Beweis darin zu liegen, dass auf solchen Längsschnitten, wo zufällig von einer und der anderen Zelle nur die primäre Wandung stehen geblieben ist, während die Verdickungsschichten durch den Schnitt abgenommen wurden, ein optisches Verhalten der betreffenden Zellen oder Zellenstücke eintritt, welches mit jenem der wenig verdickten, horizontal gestellte Porenspalten besitzenden Parenchymzellen übereinstimmt. Um die Richtigkeit der zweiten zu erweisen, dient ausser dem Fehlen der neutralen Streifen zwischen den Rändern und der Mitte des cylindrischen Objectes die Beobachtung der betreffenden Zellen bei einer Orientirung unter 0° und 90°. In ersterer Stellung erscheint die Zellenfläche unter blauen, in der letzteren unter gelben bis orangenen Farbentönen. Jene ist also, bei mit der

Digitized by Google

Zellenachse paralleler Richtung der Mittellinie zwischen den Schwingungsebenen die sogenannte Consecutiv-, diese die Alternativstellung (Fig. 172 I. u. II.), was im Vergleiche mit der Additions- und Sub-

Fig. 172.



I. Consecutiv-, II. Alternativstellung der Ellipsoiddurchschnitte für die stärker verdickten Parenchymzellen von Aloe u. s. w., unter 0^0 und 90^0.

tractionslage für die in der oberen Zellenfläche zur Geltung kommenden grössten Elasticitätsachsen eine unter 45^0 bleibende Neigung nach rechts, für die in der unteren wirksame eine gleiche Neigung nach links von der Zellenachse bedingt.

Wie bei den betrachteten Parenchymzellen überall eine der spiraligen Anordnung der secundären Verdickungsschichten folgende Neigung der im Tangentenschnitt liegenden Elasticitätsachsen wirklich stattfindet, beweisen aufs klarste die gerade bei Aloe und noch mehr bei dem verholzten Rindenparenchym tropischer Farnkräuter, in denen die spiralige Anordnung der Verdickungsschichten weit deutlicher ausgeprägt ist, unschwer aufzufindenden Uebergänge von Zellen mit wenig ansteigenden spaltenförmigen Poren zu solchen mit stufenweise steiler ansteigenden, und das in gleichem Verhältnisse eintretende verschiedene optische Verhalten. Während bei den einen Zellen die Mitte der Fläche auf dem dunklen Grunde ziemlich stark leuchtet, auf dem Gypsgrunde entschieden in Subtraction ist und an den Rändern zwei neutrale Streifen auftreten (Fig. 173 I. a. f. S.), zeigt sie sich bei anderen weniger entschieden erniedrigend, bei noch anderen — mit etwa um 45^0 gegen die Zellenachse geneigten Poren — neutral (Fig. 173 II.) und nimmt dann in den stärker verdickten, welche auf dem dunklen Grunde über die ganze Fläche leuchten (Fig. 173 III.), mit steigender Entschiedenheit die oben geschilderte Färbung an. Schon bei einfacher Betrachtung der einzelnen

Digitized by Google

Zellindividuen lässt sich hier der optische Charakter und die in der Fig. 174 dargestellte Lagen- und Formänderung der verschiedenen Ellipsoiddurchschnitte vorausbestimmen.

Das polyëdrische Parenchym der in der Ueberschrift genannten Pflanzen verhält sich analog dem zartwandigen gestreckten Parenchym,

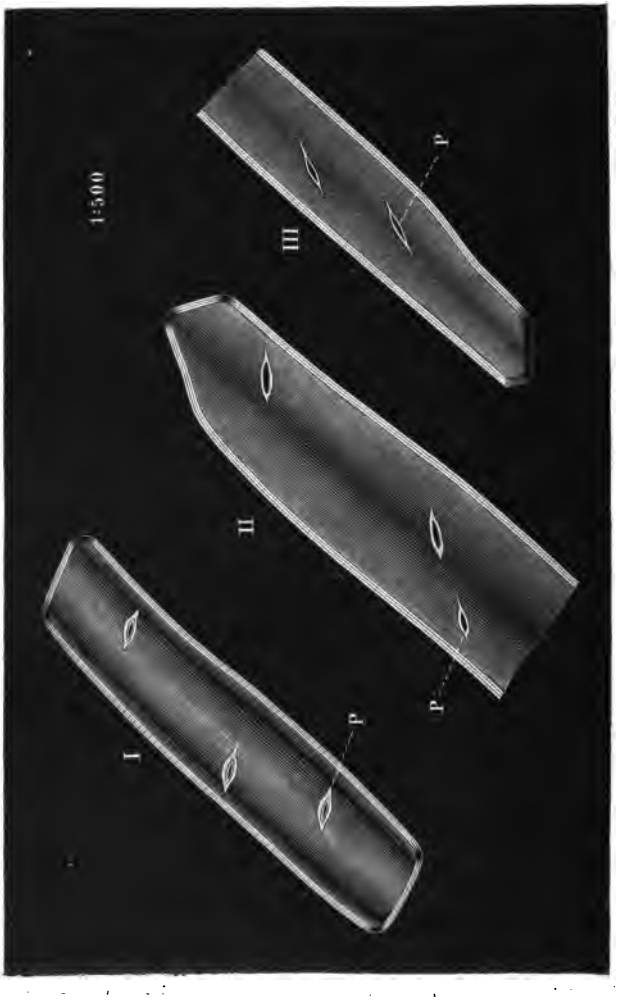


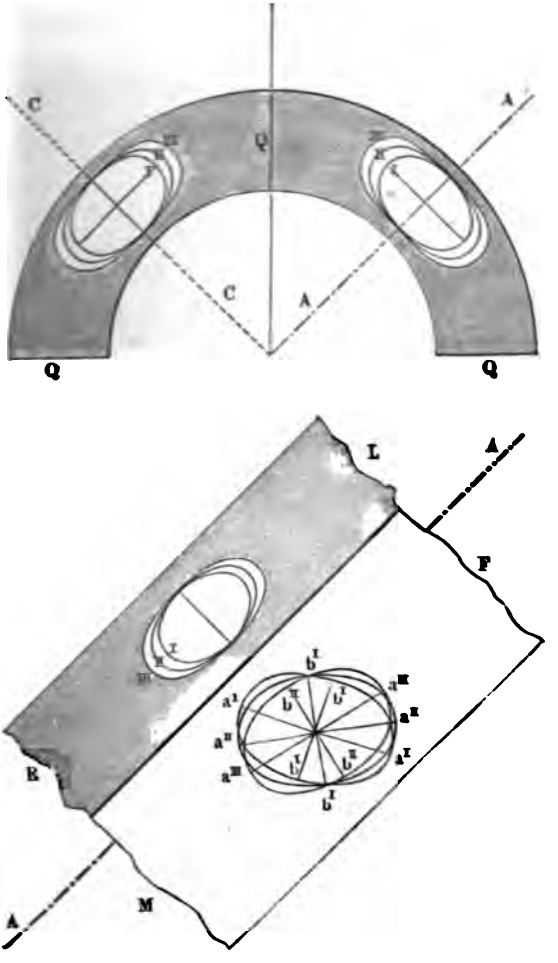
Fig. 173. Drei Parenchymzellen von Aloe succotrina mit einer rechtsansteigenden Spirale folgenden Porencanälen P, welche bei I. einen über 45^0 hinausgehenden, bei II. einen 45^0 gleichen, bei III. einen unter 45^0 bleibenden Winkel mit der Zellenachse bilden. Vergr. 1 : 500.

indem die Durchschnittsansichten der Wände, je nachdem sie unter $+ 45^0$ oder $- 45^0$ orientirt sind, auf dem Gypsplättchen sich in Addition oder in Subtraction befinden. Die horizontale Fläche zeigt häufig keinen bestimmten Charakter, indem stellenweise Additions- und Subtractionsfarben miteinander wechseln; die geneigten Seitenwände lassen einen ähn-

Digitized by Google

lichen Wechsel beobachten, der von ihrer Neigung zur Horizontalebene abhängig erscheint.

Fig. 174.



Wechsel der Ellipsoidendurchschnitte, wie er in den gestreckten Zellen des Blüthenschaftes von Aloe in Querschnitt, Rand und Mitte bei verschiedener Neigung der grösseren tangentialen Elasticitätsachse zur Zellenachse auftritt. Die Coefficienten I. II. III. bezeichnen die den im Texte erwähnten verschiedenen Neigungen entsprechenden Ellipsoiddurchschnitte.

Die Zellen des Korkgewebes.

Von den hierhergehörigen Zellen lassen sich dem optischen Verhalten nach zwei Gruppen unterscheiden.

Digitized by Google

Die einen, wozu u. A. die Korkzellen der Kartoffelknolle, des Stammes von Yucca und Dracaena (Yucca aloefolia und Dracaena Draco) gehören, verhalten sich auf Durchschnitten den Parenchymzellen analog. Dieselben haben somit die kleinste Achse radial gestellt.

Die anderen, wozu die Kork- und Peridermazellen von Quercus, Prunus, Tilia, Betula, Carpinus, Pinus (hier nur die dünnwandigen, während sich die stark verdickten — wenn sie überhaupt zum Kork- und nicht zum Rindenparenchym zu zählen sind — der vorigen Gruppe anschliessen), Urostigma elasticum, Lycium, Sambucus, Solanum (Stengel), überhaupt der grösseren Anzahl der Phanerogamen gehören, zeigen auf dem Gypsplättchen in Durchschnitten unter + 45° Subtractions-, in solchen unter — 45° Additionsfarben. Hieraus geht hervor, dass die grösste Achse in dem Radius dahingeht, während die Stellung der beiden anderen Achsen unbestimmt bleibt.

Die Zellen der Oberhaut.

Alle jene Zellen der Oberhaut, welche keine Cuticularschichten gebildet haben, stimmen in ihrem optischen Verhalten mit dem zartwandigen, isodiametrischen Parenchym des Pflanzeninnern überein. Dasselbe ist bei den mit Cuticularschichten versehenen Oberhautzellen mit den inneren nicht cuticularisirten Zellstoffschichten der Fall. Die Cuticularschichten dagegen zeigen ein abweichendes Verhalten, welches indessen nach längerer Maceration in kalter, oder nach kurzer Behandlung mit kochender Kalilauge in das der nicht cuticularisirten Zellstoffhülle übergeht. Jeder nach irgend einer der drei Dimensionen des Raumes geführte Durchschnitt erhöht in denjenigen Wänden, welche mit dem Radius — 45° des Gesichtsfeldes parallel gerichtet sind, die Farbe des Gypsgrundes auf Indigo bis Hellblau, während er dieselben in den mit dem Durchmesser von + 45° parallelen Wänden auf Orange bis Gelb erniedrigt. Die Zellfläche der Seitenwände zeigt bei solchen Objecten, wo die Cuticularschichten die unveränderten Zellstoffschichten bedeutend an Dicke und optischer Wirkung überwiegen, in Längs- und Querschnitt mit dem auf der Blatt- oder Stengeloberfläche senkrechten Durchmesser unter + 45° orientirt Additions-, in der entgegengesetzten Stellung Subtractionsfarben, jene der Aussenwand zarter Flächenschnitte erscheint unter Dunkelblau, wenn der eine ihrer Durchmesser unter + 45°, unter Orange, wenn er unter — 45° orientirt ist. Aus diesem Verhalten lässt sich nun schliessen, dass bei jedenfalls zweiachsiger Beschaffenheit des Objectes die grösste Elasticitätsachse radial gestellt sein muss, während die anderen, in der Tangentialebene liegend, eine gegen den jeweiligen Durchmesser geneigte Lage haben, ohne dass aber eine genauere Bestimmung der letzteren zu treffen möglich wäre.

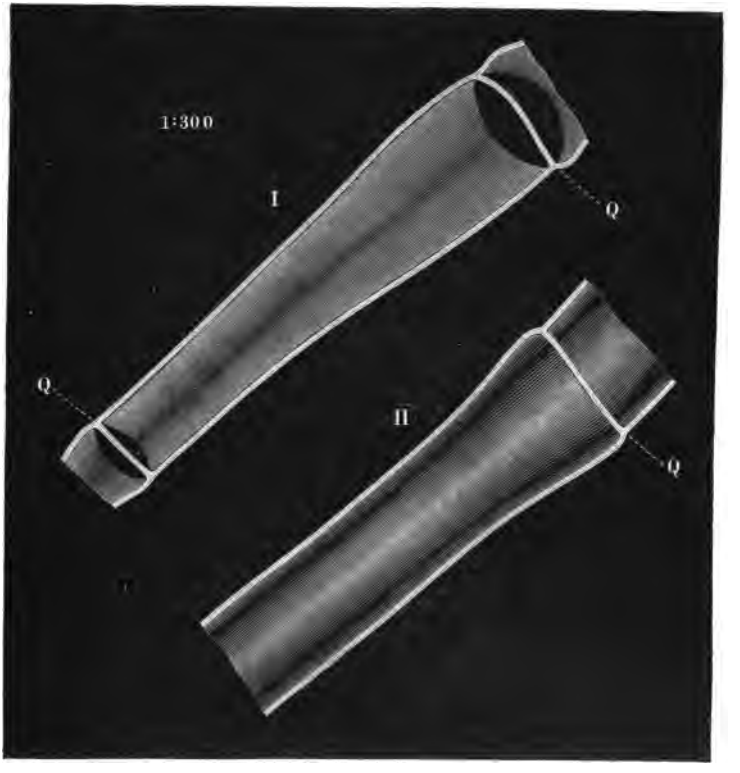
Für die der Oberhaut angehörigen Haarzellen, deren kleinste Elasticitätsachse immer radical gestellt ist, machen sich in der Längsansicht zwei verschiedene Fälle des optischen Verhaltens geltend, welche mit den

Digitized by Google

beiden bei den gestreckten Parenchymzellen beobachteten zusammenfallen.

Unter den ersten Fall, bei welchem das Verhalten in dem dunklen Gesichtsfelde (Fig. 175 II.) und die Farbengebung in den beiden Orien-

Fig. 175.



Zwei Haarzellen; I. von Origanum vulgare, II. von Stachys palustris. *QQ* Querwände. Vergr. 1 : 300.

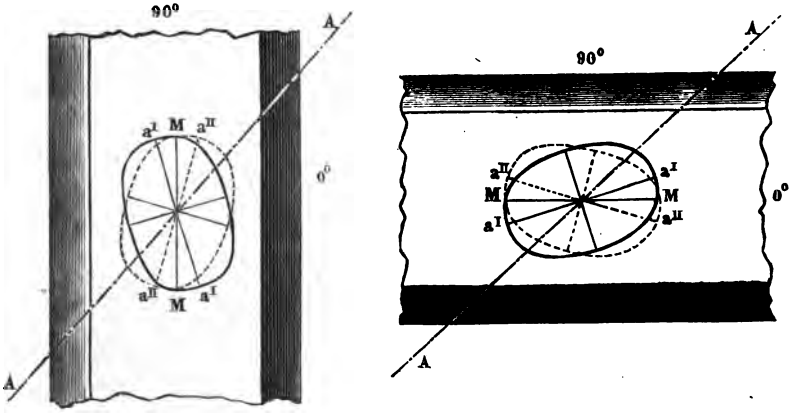
tirungen unter + 45° und — 45°, also auch Lage und Form der Ellipsoiddurchschnitte in Querschnitt, Rand und Mitte der Zellen (s. Fig. 169 S. 299) dieselbe ist, wie bei den Markparenchymzellen von Clematis u. s. w., gehören die zartwandigen Haarzellen des Stengels von Erodium, Geranium, von Stachys palustris und sylvatica entweder durchgängig, oder auch nur theilweise, indem die einen Zellen desselben Haares diesem, die anderen dem nächsten Falle sich anreihen. Es macht sich aber hier unter den betreffenden Objecten insofern wieder ein Unterschied geltend, als bei einer über 45° hinausgehenden Neigung der grössten Elasticitätsachse zur Zellenachse erstere einmal in einer links ansteigenden (Erodium), das andere Mal in einer rechts ansteigenden (Stachys) Spirale verläuft,

Digitized by Google

indem dort bei der Orientirung unter 0° die Alternativ-, unter 90° die Consecutivstellung (s. Fig. 170 III.), hier unter 0° die Consecutiv-, unter 90° die Alternativstellung auftritt (s. Fig. 170 I. u. II.).

Dem zweiten Falle gehören die stärker verdickten und manche mässig verdickte Haarzellen an, u. A. diejenigen von Origanum vulgare, Echium, Onosma, die Brennhaare von Urtica u. s. w. Diese zeigen unter + 45° und — 45° orientirt in dem dunkeln Gesichtsfelde die ganze Fläche leuchtend (Fig. 175 I.) auf dem Gypsgrunde ähnliche Farbengebung wie die verholzten Parenchymzellen von Aloe, Cyathea u. s. w., wobei an den stärker verdickten Haaren die prachtvollsten Töne hervortreten. In den Orientirungen unter 0° und 90° treten dagegen wieder ähnliche Verschiedenheiten hervor wie in der vorigen Gruppe. Bei den Haarzellen von Echium, Onosma erweist sich die Stellung unter 0° als Consecutiv-, jene unter 90° als Alternativstellung (s. Fig. 172), bei Urtica ist das Umgekehrte der Fall (Fig. 176). Wir haben also bei radialer Stel-

Fig. 176.



I. Consecutiv-, II. Alternativstellung der Ellipsoiddurchschnitte unterer und oberer Wandmitte für die Haarzellen mit einer linkswendigen Spirale folgender, die Zellenachse unter kleinem Winkel schneidender grösster Elasticitätsachse.

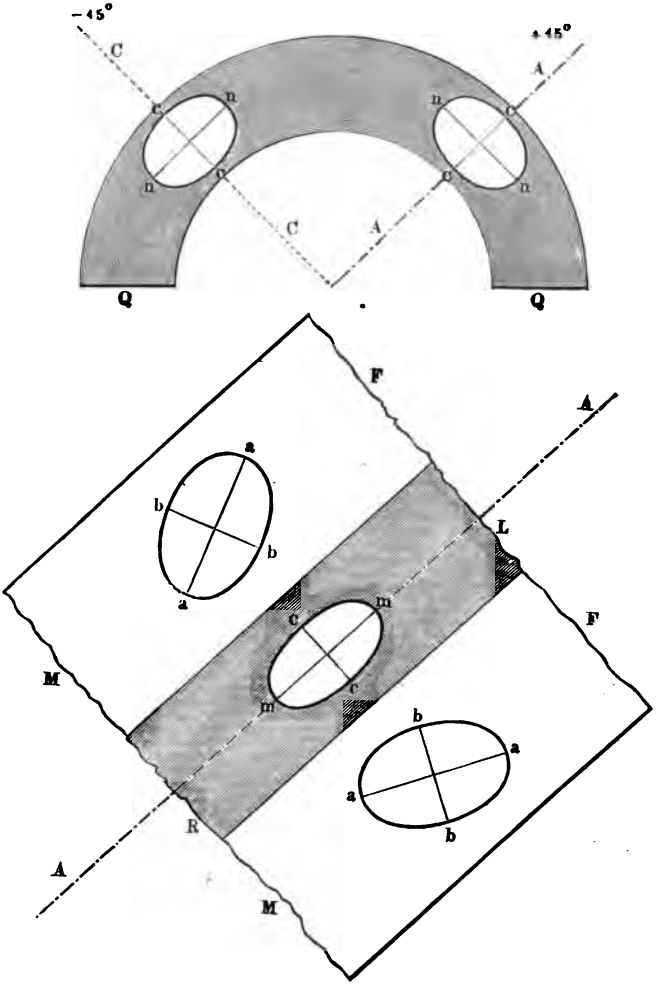
lung der kleinsten Elasticitätsachse ein Ansteigen der grössten unter weniger als 45° zur Zellenachse geneigten Elasticitätsachse (Fig. 177) dort in einer rechtswendigen, hier in einer linkswendigen Spirale, womit auch die zu beobachtende Structur der secundären Verdickungsschichten von Urtica z. B. vollkommen übereinstimmt, indem diese in steil nach links ansteigenden Spiralbändern mit schmalen Unterbrechungsstreifen verlaufen.

Ein Rückblick auf das optische Verhalten der Parenchymzellen lässt zwar mancherlei Verschiedenheiten erkennen, dennoch aber macht sich, wenn wir von den Cuticularschichten der Oberhautzellen, von den Korkzellen und den Zellen der Caulerpa-Arten absehen, eine gewisse Ueber-

Digitized by Google

einstimmung zwischen ihnen und der feineren Structur der Zellstoffhülle bemerkbar, welche in folgenden Sätzen ihren Ausdruck findet:

Fig. 177.



Stellung der Ellipsoiddurchschnitte in Querschnitt, Rand und Mitte der Haarzellen mit unter 45^0 zur Zellenachse geneigter grösserer Elasticitätsachse, die am unteren Theile der Längsansicht einer rechtsansteigenden, im oberen einer linksansteigenden Spirale folgt.

1. Die kleinste Elasticitätsachse ist stets radial, also senkrecht zur Membranfläche, oder zur Schichtung dieser (Conferva, Cladophora, Farnkräuter, Clematis u. s. w., Haarzellen) gerichtet.

Digitized by Google

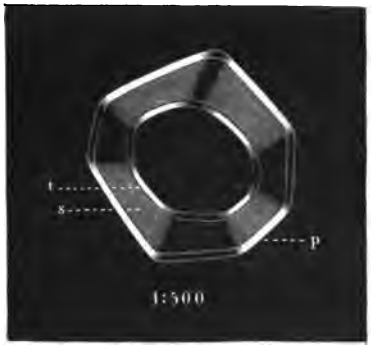
2. Die grösste und mittlere Elasticitätsachsen liegen in einem Tangentenschnitte.
3. Die grösste Elasticitätsachse kann von einer mit der Zellenachse parallelen Stellung aus, wo die Achsenebene in den Diametralschnitt fällt (Cladophora), jede beliebige Neigung zu dieser annehmen (Aloe etc.), bis sie senkrecht auf ihr steht (Oedogonium (?), sehr dünnwandiges Parenchym) und die Achsenebene vom Querschnitte aufgenommen wird.
4. Wo sich in der Wandfläche eine regelmässige Anordnung der Zellstoffschichten beobachten oder vermuthen lässt, d. h. wo diese mit Unterbrechungen in der Fläche, also in Form von Streifen, Bändern, abgelagert sind, da folgt die grösste Elasticitätsachse stets der Längsrichtung (Cladophora) dieser oder der Spirale (Aloe, Clematis u. s. w.), in welcher sie verlaufen, während die mittlere senkrecht darauf steht.

2. Die Faserzellen.

Holzfasern.

Die Holzfasern der Cycadeen, Nadel- und Laubhölzer leuchten auf dem Querschnitte, wenn dieser zart genug ist, unter + 45° und — 45° in den niedersten Interferenzfarben, meist Grau bis Weiss der ersten Ordnung, und besitzen unter 0° und 90° das neutrale Kreuz. Hierbei treten die primären und tertiären Zellstoffhüllen als die stärker, die secundären Verdickungsschichten als die minder stark wirkenden Theile auf, indem erstere die Interferenzfarben auf Weiss, die anderen in verschiedene Abänderungen von Grau erhöhen, das meist um so dunkler wird, je mächtiger die secundäre Wandpartie ist (Fig. 178).

Fig. 178.

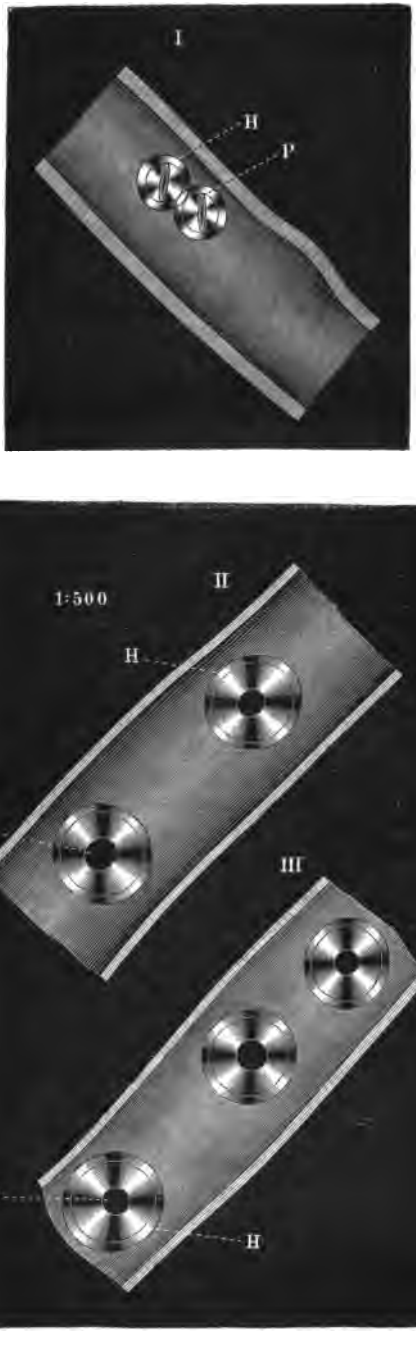


Herbstholzzelle von Pinus silvestris im Querschnitt; *p* primäre Zellstoffhülle, *s* secundäre Verdickungsschichten, *t* tertiäre Schicht. Vergr. 1 : 500.

Isolirte Zellen mit der Längsachse unter + oder — 45° orientirt, zeigen, während sie bald mit, bald ohne neutrale Streifen erscheinen (Fig. 179) und die Poren sich gleich dem Querschnitte verhalten, d. h. das unter 0° und 90° dahingehende neutrale Kreuz hervorrufen, ihren höchsten Glanz, geben aber auch unter 0° den

Digitized by Google

Fig. 179.



dunklen Grund nicht wieder, d. h. sie erscheinen unter keiner Stellung ganz neutral. Nur bei einzelnen Individuen wird es die Mitte der Fläche in allen Stellungen.

Die Interferenzfarben, welche unter + oder — 45° auf Rand und Mitte der isolirten Zellen hervortreten, zeigen eine dreifache Verschiedenheit. Bei den Zellen der Cycadeen, welche schiefe Porenspalten besitzen, wie bei den meisten der minder stark verdickten, weiten Zellen des Frühlingsholzes der Nadelbäume, auch wenn die Porencanäle eine kreisrunde Gestalt haben, erscheint der Rand in hellem Weiss, die Mitte matter Weiss bis Grauweiss, und zu beiden Seiten in der Nähe des ersteren treten zwei neutrale Streifen auf (Fig. 179 I. u. II.). Nur bei den hierhergehörigen Zellen von

---

I. Theil einer Holzzelle von Cycas revoluta mit rechts ansteigenden spaltenförmigen Porencanälen, welche mit der Zellenachse einen über 45° hinausgehenden Winkel machen. *H* Porenhöfe. — II. Theil einer isolirten Frühlingsholzzelle von Pinus silvestris mit runden Porencanälen. — III. Frühlingsholzzelle von Abies pectinata mit gleichfalls runden Porencanälen. *P* und *H* wie unter I. Vergr. 1 : 500.

Digitized by Google

Abies pectinata fehlen häufig die neutralen Streifen und es leuchtet die ganze Fläche (Fig. 179 III.). Bei etwas stärker verdickten Zellen können die Interferenzfarben von Weiss bis zu Gelb und Orange der ersten Ordnung steigen, dann gehen dieselben anfangs rascher, später langsamer auf Weiss bis Grau zurück, bis ein grösserer oder kleinerer Theil der Mitte als vollständig neutral erscheint. Die stark verdickten Herbstholzzellen lassen an dem Rande die Interferenzfarben nicht selten (Pinus canariensis, auch Pinus silvestris etc.) von Weiss über Gelb, Orange bis zu Roth erster Ordnung, oder zu Violett bis Blau zweiter Ordnung steigen, von wo aus dieselben anfangs rascher, dann langsamer bis auf verschiedene Abstufungen von Weiss zurückgehen, welches den grösseren Theil oder fast die ganze Mitte der dem Beobachter zugekehrte Fläche einnimmt.

Ziehen wir aus diesem optischen Verhalten unsere Schlüsse, so ergibt sich, dass die Holzfasern sämmtlich den zweiachsigen Charakter besitzen, dass *eine* der drei Elasticitätsachsen in dem Radius dahingeht, dass in deren Rande eine der *grösseren* Achsen vorzugsweise zur Geltung kommt, während auf der Mitte je nach Umständen eine Neigung der in dem Tangentenschnitte liegenden beiden Achsen zur Zellenachse auftritt, welche von über 45° an — in den dünnwandigen Zellen — bis zu einem sehr kleinen spitzen Winkel — in den dickwandigen Herbstholzzellen — sinken kann, und endlich dass in Betracht des Verhaltens von Querschnitten in den secundären Verdickungsschichten der Herbstholzzellen zwischen der radialen und der kleineren in dem Tangentenschnitte liegenden Achse der Unterschied in der Grösse nur ein unbedeutender sein kann. Weitere Aufschlüsse werden wir nunmehr aus dem Verhalten von Querschnitt, Rand und Mitte der Fasern über einem eingeschalteten Gypsplättchen von Roth erster Ordnung zu entnehmen haben.

Der Querschnitt aller Holzzellen liefert auf dem Gypsplättchen in den Quadranten von + 45° Subtractions-, in jenen von — 45° Additionsfarben. Hier tritt bei den stärker verdickten Holzfasern der Unterschied in der Wirkung der primären und tertiären Zellstoffhülle einer- und der secundären Verdickung andererseits, der bei dünnwandigen gleichartigen Elementen — wie oben — ebenfalls lange nicht so bedeutend ist, noch entschiedener hervor als vorher. Die ersteren erhöhen und erniedrigen die Interferenzfarben in den betreffenden Quadranten entschieden auf Dunkel- bis Hellblau und Orange bis Hellgelb, während die letzteren bei hinreichend dünnen Schnitten nur eine sehr schwache Färbung in Violett bis Dunkelblau und Roth-Orange bis Orange hervorrufen, ja manchmal anscheinend neutral erscheinen.

Für die Längsansichten haben wir zunächst die Beobachtung solcher Zellen heranzuziehen, in denen zwar die primäre Membran, aber noch keine andere Verdickungsschicht abgelagert ist. Als Objecte können entweder zarte Längsschnitte durch die Cambiumregion in lebhaftem Wachsthume begriffener Triebe, oder isolirte Zellen aus demselben Theile des Gefässbündels dienen. Die passenden Zellen muss man dann heraus-

Digitized by Google

suchen und finden sie sich leicht da, wo der Porenhof sich eben zu bilden beginnt, wo also, wie aus der Entwickelungsgeschichte der Poren (S. 93 u. f.) hervorgeht, nur erst die primäre Membran vorhanden ist. Unter + 45° orientirt bringen die Ränder auf dem Gypsgrunde Additionsfarben hervor, dann folgt jederseits ein neutraler Streifen und die Mitte befindet sich in Subtraction. Letztere zeigt bei der geringen Dicke der Zellstoffhülle natürlich eine nur schwache Wirkung, die indessen noch immer — namentlich auf dem Violett der dritten Ordnung, dem sogenannten Uebergangsviolett — mit voller Bestimmtheit wahrzunehmen ist. Unter 0° und 90° erscheinen die isolirten Zellen anscheinend neutral.

Aus diesem Verhalten, verglichen mit jenem des Querschnittes, folgt, dass die kleinste Elasticitätsachse radial, die grösste tangential, die mittlere axial gestellt ist, wobei wegen der schwachen Wirkung der jugendlichen Zellhäute noch unentschieden bleibt, ob die zweite senkrecht, also die dritte parallel zur Zellenachse gerichtet, oder ob sie in einem über 45° hinausgehenden Winkel zu derselben geneigt ist.

In allen den Zellen, welche Verdickungsschichten gebildet haben, wechselt das zu beobachtende optische Verhalten, mit Ausnahme der Poren, welche unter allen Umständen eine der des Querschnittes völlig gleiche Farbengebung hervorrufen, mannigfach.

Die Holzfasern der Cycadeen, bei denen ein Unterschied in der Verdickung nicht hervortritt und deren in rechtswendiger Spirale ansteigenden spaltenförmige Porencanäle einen über 45° hinausgehenden Winkel mit der Zellenachse machen, erscheinen isolirte Zellen unter + 45° orientirt auf den Rändern in Addition, auf der Mittel- oder Flächenansicht in Subtraction und zwischen letzteren und ersteren in der Nähe dieser zwei neutrale Streifen, sodann erweist sich die Orientirung unter 0° als Consecutiv-, jene unter 90° als Alternativstellung, bei resp. unter 90° und 0° gerichteter Mittellinie der beiden grössten Achsen der schief gerichteten Elasticitätsellipsoide.

Aehnlich verhalten sich im Allgemeinen die dünnwandigen Wurzelholzzellen von Araucaria, die sämmtlichen Holzzellen von Taxus baccata, die Frühlingsholzzellen von Pinus silvestris, strobus und canariensis, von Larix europaea, Ephedra, Gnetum, die eigenthümlich spiralig verdickten Frühlingsholzzellen des Astholzes von Pinus silvestris, des Stammholzes von Wellingtonia und Juniperus, mehr vereinzelt die gleichen Elemente von Abies pectinnata und Picea vulgaris.

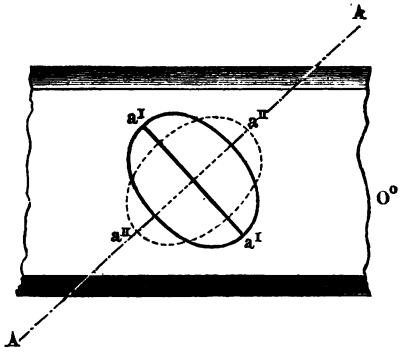
Dies Verhalten beweist, dass bei allen diesen Zellen die kleinste Elasticitätsachse radial dahingeht, die in einer tangentialen Ebene liegenden mittlere und grösste aber die Zellenachse schief schneiden, und zwar derart, dass die letztere, welche einer den Porenspalten entsprechenden, und da, wo eine spiralige Anordnung der secundären Verdickungsschichten ersichtlich ist (Pinus canariensis, Pinus silvestris, Ast-, Juniperus, Wellingtonia, Stammholz) einer mit dieser gleichgerichteten Spirale folgt, einen etwas über 45° hinausgehenden Winkel mit ihr macht. In dieser

Digitized by Google

Achsenstellung findet dann auch die etwas stärkere Wirkung der secundären Verdickung dieser dünnwandigen Zellen auf dem Querschnitte ihre Erklärung, da in derselben für den betreffenden Ellipsoidquerschnitt neben der radial gestellten eine diese an Grösse stark überwiegende tangential gerichtete zur Geltung kommt.

Einzelne Individuen der etwas stärker verdickten Frühlingsholzzellen von Pinus silvestris und canariensis, Abies pectinuata, Picea vulgaris und Larix europaea lassen eine Neigung der Porenspalten von 45° gegen die Zellenachse beobachten und dem entsprechend unterscheidet sich das optische Verhalten gegen das eben beschriebene. Dieselben bleiben gleich den entsprechenden, verdickten Parenchymzellen von Aloe (Fig. 173 II.) auf der Mitte in allen Stellungen neutral, während die Farben des Randes und der ausserhalb des neutralen Mittelstreifens liegenden Flächentheile Additionsfarben hervorrufen und sich unter 0° in der Consecutiv-, unter 90° in der Alternativstellung befinden. Zugleich erscheinen die Interferenzfarben auf dem Querschnitte auf den hierhergehörigen Zellen in den secundären Verdickungsschichten gegen den vorhergehenden Fall an Intensität vermindert und in der Newton'schen Reihe in den Additionsquadranten herabgedrückt, in den Subtractionsquadranten erhöht. Es bleibt also zufolge des hier beobachteten optischen Verhaltens die kleinste Elasticitätsachse wiederum radial gestellt, während die beiden anderen unter 45° zur Zellenachse geneigt, und zwar die grösste der betreffenden Spirale folgend, die mittlere auf dieser senkrecht stehend in einem Tangentenschnitt liegen (Fig. 180).

Fig. 180.



Stellung der Ellipsoiddurchschnitte bei Pinus etc. für die Mitte solcher Zellen, bei denen die grössere Elasticitätsachse die Zellenachse unter 45° schneidet, bei Orientirung unter 0°.

Eine grosse Zahl der schon etwas stärker verdickten Frühlingsholzzellen von Abies pectinnata und Picea vulgaris, dann die sämmtlichen Herbstholzzellen aller beobachteten Nadelholzarten mit Ausnahme von Taxus besitzen spaltenförmige Porencanäle, beziehungsweise breite, nur durch schmale, oft spaltenförmige Streifen getrennte Spiralbänder, welche in einer nach rechts ansteigenden Spirale die Zellenachse unter Winkeln von nahezu 45° bis von wenigen Graden schneiden, bei Abies sogar oft parallel zu dieser gestellt sind. Dieselben zeigen ein den stark verdickten Parenchymzellen von Aloe u. s. w. entsprechendes optisches Verhalten über dem Gypsplättchen. Die ganze unter 45° orientirte Zelle, Rand sowohl als Mitte, befindet sich in Addition, und es steigen die betreffenden Farbenstreifen vom äussersten Rande an bis zum Innenrande des optischen Längsschnittes

Digitized by Google

ziemlich rasch, hierauf anfänglich noch rascher, dann langsamer bis zu einer der Dicke der Wandungen entsprechenden Interferenzfarbe auf der Mitte an. Unter — 45° treten unter gleichbleibenden Verhältnissen von Sinken und Steigen Subtractionsfarben auf, die in allen Fällen, wo in der Additionslage Roth zweiter Ordnung zu Tage trat, auf Schwarz herabgehen. Die Orientirung von 0° stellt sich hier als Consecutiv-, die von 90° als Alternativstellung dar (Fig. 172 S. 303).

Das weiter oben hervorgehobene Verhalten des Querschnittes verschiedener Zellenindividuen erklärt sich nun hinreichend aus der radialen Stellung der kleinsten, der in einem Tangentenschnitte verlaufenden Lage der grössten und mittleren Elasticitätsachse, wobei erstere wieder der den Porenspalten oder den Verdickungsbändern entsprechenden Spirale parallel dahingeht. Wo nämlich der Winkel zwischen grösster Elasticitäts- und Zellenachse noch wenig unter 45° bleibt, da kommt im Querschnitt neben der kleinsten radialen eine diese überwiegende tangentiale Achse des betreffenden Ellipsoidquerschnittes zur Geltung (Fig. 174 S. 305) und es tritt die gleiche, wenn auch abgeschwächte Farbengebung wie in der primären Zellstoffhülle auf. Wo aber der Winkel viel kleiner als 45° oder gar 0° wird, also die grösste Elasticitätsachse mit der Zellenachse parallel geht, da kann der Fall eintreten, dass die beiden in dem betreffenden Ellipsoidquerschnitte zur Geltung kommenden Achsen nahezu einander gleich sind, jener also zu einer immer weniger verlängerten Ellipse, endlich annähernd zum Kreise wird, und das Object sich jetzt nahezu gleich einem einachsigen Körper verhält. Da in diesem Falle die beiden Kreisschnitte des Ellipsoides nahe an der Ebene der mittleren und kleinsten Elasticitätsachse liegen, die grösste also den spitzen Achsenwinkel hälftet, so spricht dieses für den zweiachsig-positiven Charakter der secundären Verdickung.

Gleich den dickwandigen Holzzellen der oben genannten Nadelhölzer verhalten sich, soweit meine Erfahrungen reichen, fast sämmtliche, auch die dünnwandigen Holzzellen der Laubholzarten (Brugmannsia, Tilia, Anona [Wurzelholz] etc.), ähnlich wie die dünnwandigen Zellen von Pinus u. s. w., nur einzelne wenig oder mässig verdickte, fast quergestellte Porenspalten besitzende (Anona [Wurzel], Aristolochia), so dass bei denselben ganz derselbe Achsenverlauf wie bei jenen erschlossen werden darf.

In allen diesen Fällen beobachtet man auf den Längsschnitten unter gleichen Verhältnissen die gleichen Farbenänderungen unter 0° und 90°, d. h. die Verwechselung von Consecutiv- und Alternativstellung, wie solche auf S. 298 u. 299 von den Markzellen der Clematis geschildert wurden.

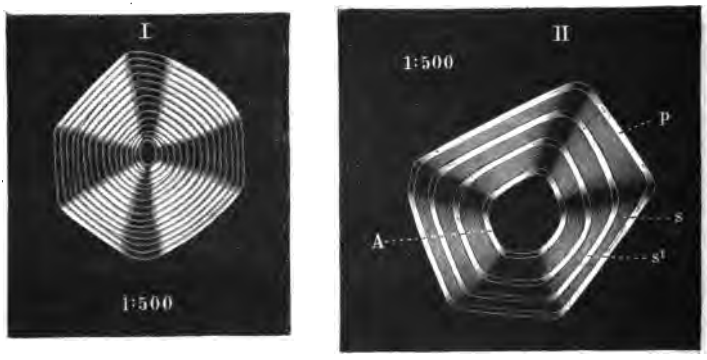
Bastfasern.

Im Querschnitt der Bastfasern treten überall das unter 0° und 90° dahingehende neutrale Kreuz und die unter + und — 45° liegenden leuchtenden Quadranten auf. In Bezug auf die verschiedenen Wandpartien macht sich aber ein dreifacher Unterschied geltend.

Digitized by Google

Die Bastzellen der Laubhölzer (Tilia und Quercus) und der Cycadeen — doch hier mit geringerem Unterschied zwischen der primären und secundären Zellstoffhülle — verhalten sich ähnlich wie die Holzfasern, jene der krautartigen Gewächse (Begonia, Lysimachia, Urtica), dann jene der Asclepiadeen und Apocyneen, der Nadelhölzer (Larix) zeigen in allen Theilen ein nahezu gleichstarkes Leuchten (Fig. 181 I.) und

Fig. 181.



I. Querschnitt einer Bastzelle von Begonia spec. — II. Gleiches Präparat einer Bastzelle von Caryota ureus. *p* primäre Hülle, *s* weniger dichte, *s'* dichte secundäre Verdickungsschicht, *t* tertiäre Membran. Vergr. 1 : 500.

nur die weniger dichten Partien der einzelnen secundären Schichten treten zurück. Die Bastzellen von verschiedenen Palmen (Caryota, Metroxylon, Corypha) und von Urania guyanensis lassen die stärkste und gleichstarke Wirkung in der primären und tertiären Zellstoffhülle, sodann in den S. 68 u. f. beschriebenen dichteren Grenzschichten der secundären Schichtencomplexe beobachten, während diese sonst an hinreichend feinen Schnitten in den übrigen Partieen der secundären Wandung fast auf Null herabgedrückt erscheint.

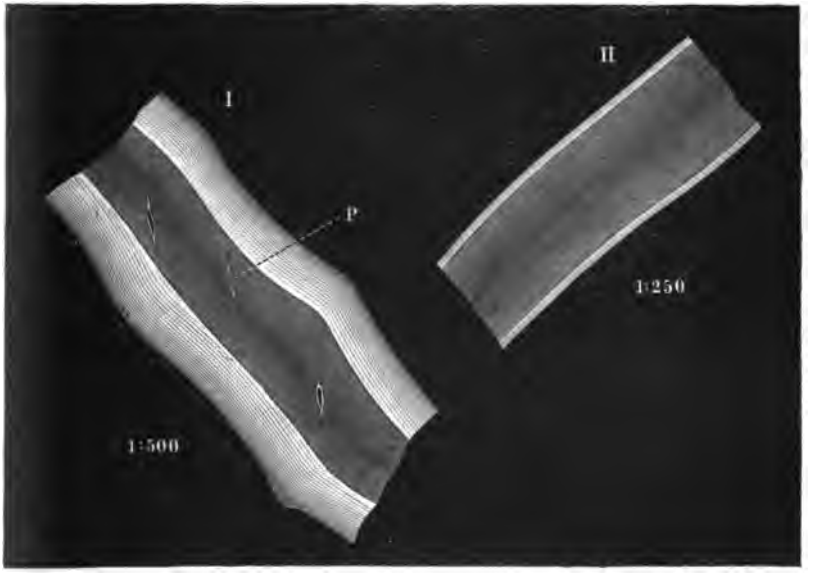
Die Längsansicht sämmtlicher Bastzellen zeigt ohne Gypsplättchen ein übereinstimmendes optisches Verhalten.

Unter + oder — 45° orientirt steigen die Interferenzfarben in den Rändern rasch von den tieferen in nicht verholzten oder wenig verdickten Zellen (Fig. 182) bis zu den mittleren bei verholzten und stärker verdickten höheren der ersten Ordnung und bei bedeutenderer Dicke der secundären Zellstoffschichten anfangs in rascherer, dann in weniger rascher Folge bis nahe an die Mitte zu Farben zweiter und sogar dritter Ordnung. Von den hier erreichten höchsten Farben aus tritt dann ein Sinken ein, das bei dünnwandigen Zellindividuen schnell bis zu einer der niederen oder mittleren, sich fast über die ganze Fläche verbreitenden Farben erster Ordnung, Bläulichweiss, Weiss, Gelbweiss, Gelb bis Orange geht, bei dickwandigen Fasern dagegen, die nur ein verhältnissmässig kleines Lumen übriglassen, erst gegen die Mitte beginnend langsamer verläuft

Digitized by Google

und nur auf der Mittellinie und deren nächster Umgebung die niedrigste, aber meist nach der zweiten Ordnung angehörende Farbe der Fläche hervorruft.

Fig. 182.



I. Theilstück einer isolirten Bastzelle mit steil ansteigenden Porenspalten von Begonia spec. unter — 45°. — II. Theilstück einer schwach verdickten Bastzelle von Caryota ureus unter + 45°. Vergr. I. 1 : 500; II. 1 : 250.

Unter 0° und 90° erscheinen die Bastfasern, obwohl die Farben an Intensität mehr oder minder verlieren, nicht neutral, was für einen schiefen Verlauf der in dem Tangentenschnitte liegenden beiden optischen Elasticitätsachsen spricht, von denen die eine die grösste sein muss.

Auf dem Gypsplättchen Roth erster Ordnung befinden sich die Quadranten des Querschnittes unter + 45° in Subtraction, unter — 45° in Addition, während unter 0° und 90° das neutrale senkrechte Kreuz auftritt. In Bezug auf die oben berührten Unterschiede macht sich hier, bei gleichem Charakter der Interferenzfarben in allen Wandtheilen, dieselbe Verschiedenheit in der Intensität geltend wie dort.

Isolirte Zellen befinden sich mit ihrer Längsachse unter + 45° orientirt in Addition, unter — 45° in Subtraction, wobei in letzterer Lage an allen den Stellen, welche ohne Gypsplättchen in diagonaler Lage das Roth erster Ordnung hervorbrachten, schwarze Streifen erscheinen. In den Stellungen 0° und 90° findet je nach den verschiedenen Pflanzengruppen entnommenen Objecten eine zweifache Verschiedenheit statt, welche mit der feineren Structur der secundären Zellstoffhülle in Verbindung steht.

Digitized by Google

Die Bastfasern der Asclepiadeen und Apocyneen, ebenso von Urtica und Cereus speciosus lassen unter 0° die Alternativ-, unter 90° die Consecutivstellung erkennen, während bei denen von Caryota, Metroxylon, Urania, Solanum, Brugmannsia, Larix u. s. w. das Umgekehrte der Fall ist, d. h. die Stellung unter 0° als Consecutiv-, unter 90° als Alternativstellung erkannt wird. In der ersteren müsste sonach, während bei beiden die radial gestellte Elasticitätsachse die kleinste ist, die grösste einer linkswendigen, in der letzteren einer rechtswendigen zur Zellenachse um weniger als 45° geneigten Spirale folgen, was mit der zu beobachtenden feineren Structur, d. h. der in Spiralbändern erfolgenden Ablagerung der secundären Verdickungsschichten übereinstimmt, indem dort die einzigen oder die äusseren Spiralbänder einen linksansteigenden, hier einen rechtsansteigenden Verlauf nehmen.

Ueberblicken wir die für die Holz- und Bastfasern gewonnenen Beobachtungsresultate, so ergibt sich eine vollständige Uebereinstimmung in den lichtbrechenden Verhältnissen, die sich dahin zusammenfassen lassen:

1. Die kleinste Elasticitätsachse der optisch zweiachsigen doppeltbrechenden Elemente geht radial und senkrecht zur Schichtung dahin.
2. Die grösste und mittlere liegen in einem Tangentenschnitte und sind gegen die Zellenachse geneigt.
3. Die grösste Elasticitätsachse folgt für die secundären Verdickungsschichten stets dem Verlaufe der Spirale, in welcher diese abgelagert erscheinen (sei dies Verhältniss nun wirklich zu beobachten oder aus dem Verlaufe der Porenspalten zu erschliessen), die mittlere steht senkrecht auf dieser Spirale.
4. Die grösste Elasticitätsachse kann in einzelnen Fällen (Holzzellen von Abies pectinnata) in den secundären Wandungen parallel der Zellenachse, die mittlere senkrecht zu ihr verlaufen, so dass die Achsenebene in den Radialschnitt fällt. Erstere geht völlig oder nahezu senkrecht, letztere ganz oder nahezu parallel mit der Zellenachse dahin in der primären Zellstoffhülle, so dass die Achsenebene in den Querschnitt fällt.
5. Für die secundäre Verdickung der dickwandigen Holzzellen, wie für gewisse Partien derselben Zellstoffschichten mancher Bastzellen ergibt sich der zweiachsig- positive Charakter.

Digitized by Google

3. Röhrenzellen.

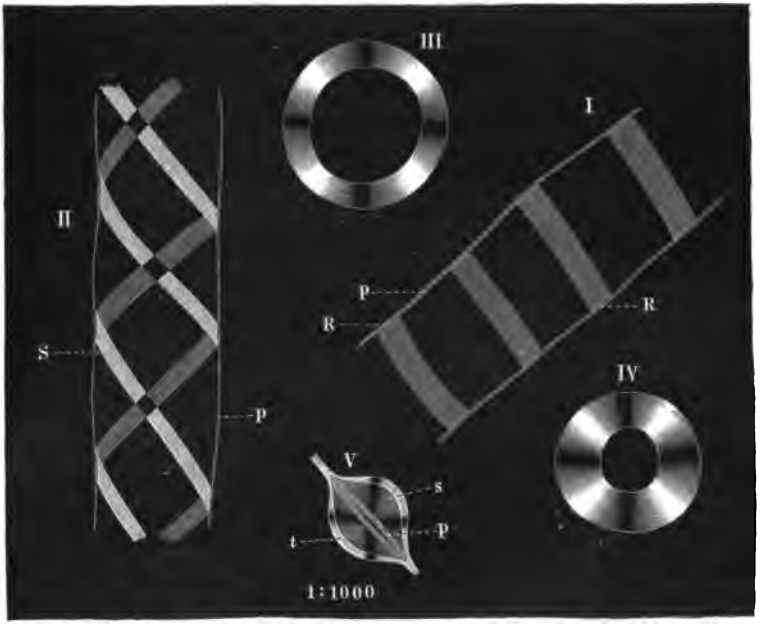
Holzgefässe.

Der Querschnitt der genannten Zellenart wie der sonstigen Spiralzellen, die wir hier anschliessen wollen, zeigt sowohl für sich zwischen den gekreuzten Nicols als bei Einschaltung des Gypsplättchens betrachtet das gleiche Verhalten wie der aller übrigen Zellstoffhüllen.

Die Längsansicht dagegen verlangt für die Ring-, Spiral- und Netzgefässe einer-, für die porösen Gefässe andererseits eine gesonderte Betrachtung.

Isolirte Ring-, Spiral- oder Netzgefässe lassen in dem optischen Längsschnitte der Wandung, auf dem dunklen Grunde betrachtet, Bläulichweiss bis Weiss erster Ordnung beobachten, während die Fläche im Ganzen nur in den tiefsten Farben dieser Ordnung leuchtet. Die Verdickungsfasern erscheinen unter + 45° orientirt in glänzendem Weiss bis Gelblichweiss (Fig. 183 I. u. II.), unter 0° oder 90° neutral. Wo der Querschnitt der

Fig. 183.



I. Theilstück eines Ringgefässes von Phragmites communis unter + 45°. *p* primäre Zellstoffhülle, *RR* ringförmige Verdickung. — II. Theilstück eines durch Druck flach ausgebreiteten Spiralgefässes von Dahlia variabilis mit zwei steil ansteigenden Spiralbändern *s*, *p* wie oben. — III. Isolirter Ring von Phragmites. — IV. Isolirte Spiralwindung aus dem Querschnitt des Holzes von Mamillaria sp. — V. Querschnitt eines Verdickungsbandes von Pellia epiphylla, *p* wie oben, *s* innere, *t* jüngste äussere Zellstoffschicht. Vergr. I. bis IV. 1 : 500; V. 1 : 1000.

Digitized by Google

Fasern hinreichende Stärke besitzt, wie bei den betreffenden Zellen des Laubes von Pellia, der Equiseten, der Opuntien, der Phragmites und Calamusarten u. s. w., da erscheint der Querschnitt in der äusseren resp. tertiären Schicht mit dem neutralen Kreuz und den unter $\pm$ 45° liegenden leuchtenden Quadranten, während die Mitte sich nahezu oder ganz neutral verhält (Fig. 183 V.). In gleicher Weise wie Zellenquerschnitte verhalten sich isolirte flach aufliegende Ringe, wie man sie leicht durch Maceration der Querschnitte der Opuntien und Mamillarien, der Längsschnitte von Phragmites und Calamus erhält (Fig. 183 III. u. IV.).

Prüfen wir die isolirten Zellen über dem eingeschalteten Gypsplättchen liegend, so zeigt für die primäre Membran (Cucurbita ist hier ein sehr brauchbares Object) unter + 45° der optische Längsschnitt Additionsfarben, die Fläche der Gefässzellen Subtractionsfarben mit nahe den Rändern befindlichen neutralen Streifen. Ueber die Farbengebung in der Lage 0° oder 90° lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden. Zwar erscheinen die Zellen hier neutral, aber es kann dies ebenso gut von der schwachen Wirkung der dünnen Zellwand, als von dem graden Verlauf der optischen Achsen herrühren.

Im Zusammenhalte mit dem Querschnitte liefert dieses Verhalten indessen den Beweis, dass für die primäre Zellstoffhülle die kleinste Elasticitätsachse radial die grösste tangential, die mittlere longitudinal oder axial dahingeht, wobei es unbestimmt bleibt, ob nicht die beiden letzteren so gegen die Zellenachse geneigt sind, dass die grössere einen stumpfen Winkel mit ihr bildet.

Die Verdickungsbänder erscheinen mit der Längsachse unter + 45° mit Additions-, unter — 45° mit Subtractionsfarben, welche auf der Mitte einerseits höher steigen, andererseits tiefer sinken, und verhalten sich in den beiden Stellungen 0° und 90° neutral. Der Querschnitt, in seinem Inneren scheinbar neutral, giebt in der äusseren Schicht, d. h. in der tertiären und primären Membran, unter + 45° zwei Subtractions-, unter — 45° zwei Additionsquadranten. Isolirte Ringe verhalten sich ebenso.

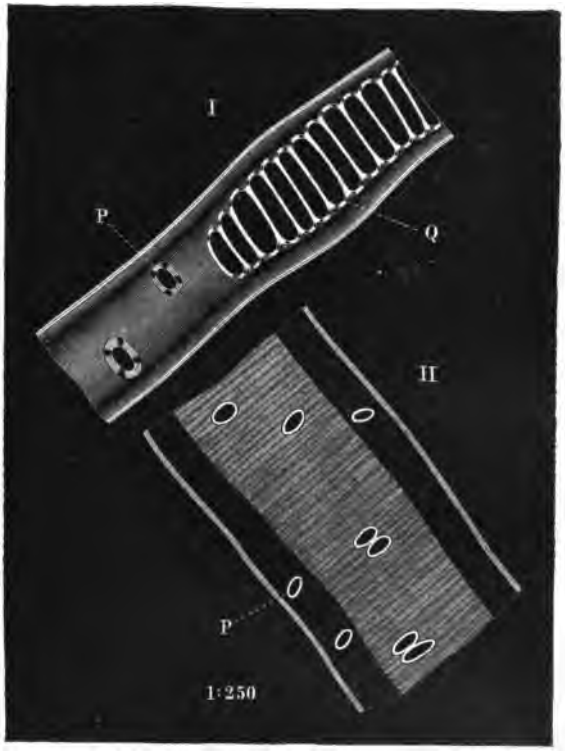
Wie die in den verschiedenen Ansichten zur Geltung kommenden Durchschnitte des Elasticitätsellipsoides darthun, folgt die grösste Achse der Richtung der Spirale, während die mittlere auf dieser senkrecht steht und die kleinste, wenn man die Verdickungsbänder als Cylinder oder Halbcylinder betrachtet, mit dem Radius dieses letzteren zusammenfällt, wobei in der secundären Verdickung — dem Kern der Ringe, Spiral- und Netzfasern — der Unterschied zwischen den beiden letzteren als ein nur geringer erkannt wird.

Auf die ganze Zelle bezogen, und die Ringe, Spiralfasern etc. als flache Bänder betrachtet, liessen sich diese Verhältnisse dahin ausdrücken, dass die kleinste Elasticitätsachse radial dahingehe und die beiden anderen in einer Tangentialebene lägen. Die letzteren würden dabei derart zur Zellenachse geneigt sein, dass die grösste mit ihr einen dem Steigungswinkel der Verdickungsbänder gleichen Winkel bildete.

Digitized by Google

In den Längsansichten der eigentlich porösen sowohl als der sogenannten treppenförmigen Röhrenzellen zeigen — abgesehen von der Wirkung der Fasern bei leiterförmig durchbrochenen Querwänden (Fig. 184 *Q*)

Fig. 184.



I. Theilstück eines porösen Gefässes von Metteniusa (Karten) mit horizontalen, ovalen Porencanälen und leiterförmig durchbrochener Querscheidewand *Q*, unter + 45°. II. Theilstück eines Gefässes von Cyathea incana, von einer Stelle, wo es an Parenchymzellen grenzte mit querovalen Porencanälen und bemerkbarer Querstreifung der Zellstoffhülle (secundäre Schichten). Die horizontale Mitte am stärksten, die rechte geneigte Seitenfläche nur wenig, die linke gar nicht leuchtend. Vergr. 1 : 250.

und der Porenhöfe, welche dieselbe bleibt wie bei den Spiralbändern und Porenhöfen der Holzzellen, und wenn man sich passende Zellenindividuen auswählt, die nicht zu dicht mit Poren bestellt sind — auf dem dunklen Grunde Rand und Mitte Weiss erster Ordnung mit den zwei neutralen Streifen, auf dem Gypsgrunde die Ränder oder der optische Längsschnitt unter + 45° blaue, die Fläche an den von Poren freien Stellen gelbe Farbentöne und gleichfalls zwei neutrale Streifen. Unter 0° und 90° wird die Fläche aller der Zellen völlig neutral, bei denen der spaltenförmige Porencanal senkrecht zur Längsachse steht, während bei jenen, welche zu

Digitized by Google

dieser letzteren geneigte Porencanäle besitzen, je nachdem diese einer links- oder rechtsansteigenden Spirale folgen, die erste Stellung sich als die alternative, die andere als die consecutive erweist und umgekehrt.

Das Verhalten von Querschnitt und Längsansicht ergibt sonach für die kleinste Achse eine radiale, für die grösste und mittlere eine in dem Tangentenschnitte verlaufende Stellung. Hierbei kann aber die grösste Elasticitätsachse entweder quer-tangential, d. h. senkrecht zur Zellenachse stehen, oder eine einer gegen diese unter stumpfem Winkel ansteigenden, links- oder rechtswendigen Spirale folgende Neigung besitzen.

Bastgefässe.

Die Bastgefässe verhalten sich auf dem Querschnitte gleich den Holzgefässen, d. h. sie lassen für sich das unter 0^0 und 90^0 dahingehende schwarze Kreuz, bei Zwischenschaltung des verzögernden Plättchens unter $+ 45^0$ zwei Subtractions-, unter $- 45^0$ zwei Additionsquadranten beobachten.

In den Längsansichten wirken nur die Ränder, d. h. der optische Längsschnitt, mit einiger Intensität, indem sie in dunklem Gesichtsfelde unter $\pm 45^0$ glänzendes Weiss erster Ordnung zeigen. Die Fläche wirkt dagegen schwach ein und leuchtet nur in den tiefsten Tönen der ersten Ordnung. Auf dem Gypsgrunde beobachtet, erhöhen die Ränder dessen Farbe unter $+ 45^0$ auf Dunkel- bis Hellblau, die Mitte dagegen erscheint in Subtraction, d. h. Orange bis Dunkelgelb, und diese letztere Farbengebung ist bei den meisten hierher gehörigen Objecten nur von geringer Intensität. Bei den Orientirungen unter 0^0 und 90^0 lässt sich eine Farbenänderung des Gypses nicht mit Sicherheit constatiren, es erscheinen die Zellen vielmehr neutral.

Diesem Verhalten gemäss muss die kleinste Elasticitätsachse eine radiale Richtung haben, während die grösste tangential, die mittlere axial gestellt ist, wobei es indessen unentschieden bleibt, ob nicht in manchen Fällen eine geringe Abweichung von diesen letzten Richtungen in der Art stattfindet, dass die grösste Achse einen sehr stumpfen, die mittlere einen entsprechend kleinen spitzen Winkel mit der Zellenachse macht.

Das Gesammtresultat, welches sich für die Röhrenzellen aus den Ergebnissen der Beobachtung ziehen lässt, stimmt mit jenem überein, welches wir bei den Faserzellen gewonnen haben, und verweise ich daher einfach auf den dort zum Schlusse gegebenen Ueberblick.

4. Cambiumzellen und Intercellularsubstanz.

Da, wie aus den Erörterungen auf Seite 99 u. f. hervorgeht, die Intercellularsubstanz nichts anderes ist, als die chemisch modificirte cambiale Zellhülle, so können beide hier füglich zusammen behandelt werden.

Digitized by Google

Die wahren cambialen Zellhüllen lassen weder im Querschnitt, noch in den verschiedenen Theilen der Längsansicht eine Wirkung auf polorisirtes Licht beobachten und müssen deshalb als einfach brechend betrachtet werden. Diese Eigenschaft besitzen dieselben sowohl in der Vegetationszeit, als in der Ruheperiode, und es geht dieselbe scheinbar nur da verloren, wo sich vor dem Uebergange zum vollen Vegetationsstillstande noch eine aus Zellstoff bestehende Hülle — primäre Hülle — abgelagert hat.

Ein gleiches Verhalten zeigt die Intercellularsubstanz überall da, wo dieselbe in solcher Stärke entwickelt ist, dass jenes mit hinreichender Sicherheit beobachtet werden kann (Fig. 185). Dieselbe ist also einfach

Fig. 185.

Theil eines Querschnittes von Pinus silvestris. *p*, *s* und *t* primäre, secundäre und tertiäre Hüllschichten, *i i* Intercellularsubstanz. Vergr. 1 : 900.

brechend und unterscheidet sich somit wesentlich von allen übrigen Schichten der Zellhülle. Besonders günstige Objecte für derartige Beobachtungen bieten nächst den Seite 99 u. f. erwähnten Präparaten äusserst zarte Quer- und Längsschnitte von Nadelhölzern, bei deren Anfertigung man namentlich darauf zu sehen hat, dass der Schnitt vollständig gerade geführt wird, weil sonst die geneigten Zellhüllen den Sachverhalt vollständig verdunkeln. Dass das Verhalten der Intercellularsubstanz gegen das polarisirte Licht auf der Fläche nicht für sich beobachtet werden kann, leuchtet ein.

Digitized by Google

III. Optisches Verhalten der Inhaltskörper.

1. Protoplasmakörper.

Sämmtliche nur aus Protoplasma aufgebaute nicht krystallisirte Inhaltskörper (ohne Stärkeeinschluss) modificiren das polarisirte Licht in keiner Weise und geben sich somit als einfach brechende zu erkennen. Dagegen lassen die sogenannten Proteïnkrystalle oder Krystalloide, soweit sie nicht dem regulären Krystallsysteme angehören, eine wenn auch verhältnissmässig schwache Wirkung erkennen, die namentlich bei Einschaltung eines Gypsplättchens von Roth erster oder Violett dritter Ordnung hervortritt, ohne dass sich indessen über die Stellung der Elasticitätsachsen etwas Näheres ermitteln liesse.

2. Stärke und Inulin.

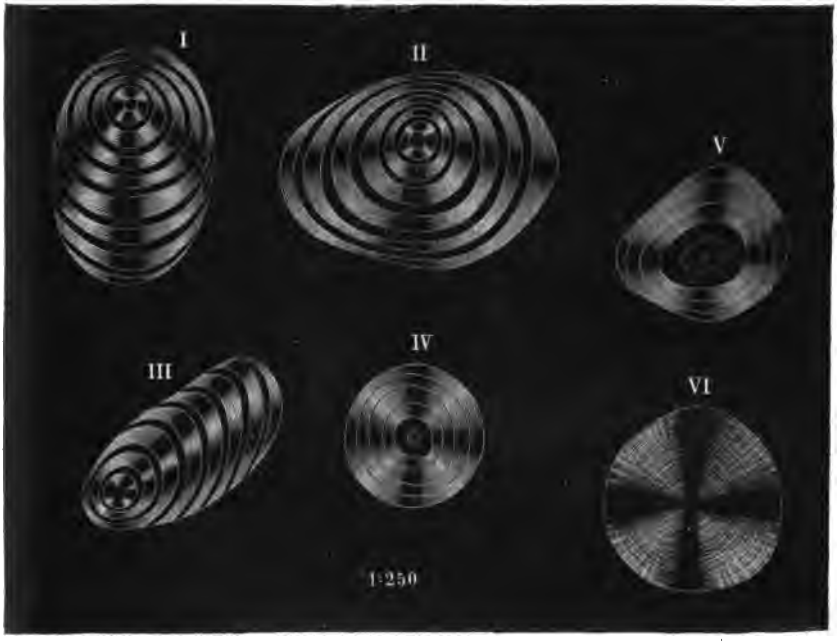
Die Stärkekörner sowie die Inulinkugeln, welche man sich in der auf S. 27 beschriebenen Weise darstellen kann, zeigen auf dem dunkeln Grunde bei gekreuzten Nicols beide bei neutraler Mitte ein neutrales Kreuz, dessen Arme bei den letzteren meist unter 0^0 und 90^0 dahingehen (Fig. 186 VI.), bei den ersteren aber je nach der Form des Kornes, der centrischen oder excentrischen Lage des Kernes und dem dadurch bedingten Schichtenverlaufe in verschiedenen, indessen immer auf den an die betreffenden Schichten zu legenden Tangenten senkrecht stehenden Richtungen verlaufen können (Fig. 186 I. bis V.). Bei eingeschalteten Gypsplättchen erscheinen in dem optischen Durchschnitte die Mitte und die Kreuzesarme in der Farbe des Gesichtsfeldes, während sich bei Inulin, wie bei Stärke die beiden unter $+ 45^0$ liegenden Quadranten in Addition, die unter $- 45^0$ liegenden in Subtraction befinden. Die Additionsfarben steigen dabei von dem Rande an schnell von Violett auf Indigo, Blau, Blaugrün zweiter Ordnung, um dann gegen die Mitte hin langsamer durch Blau, Indigo, Violett bis zu der Farbe des Gypsgrundes zu sinken, die Subtractionsfarben sinken und steigen in gleicher Weise von Dunkelorange auf Orange, Gelblichweiss, Gelborange, Dunkelorange, Roth. Die Aenderung der Additions- und Subtractionsfarben tritt besonders deutlich an dicken, kugeligen oder ellipsoidischen, die neutrale Mitte an etwas flachen, scheibenähnlichen Körnern der Stärke, wie des Inulins hervor.

Aus dem geschilderten Verhalten folgt, dass bei beiden Inhaltskörpern die grösste Elasticitätsachse in dem Radius dahingeht und dass die mittlere und kleinste in einer zu diesem senkrechten Schnittebene liegen. In Betracht des Verhaltens der Mitte würde entweder anzunehmen sein, dass die beiden letzteren nur wenig voneinander verschieden, oder dass

Digitized by Google

dieselben gleich, die Objecte also einachsig und für diesen Fall optisch positiv wären.

Fig. 186.



I. bis III. Stärkekörner aus der Frucht der Kartoffel in verschiedenen Stellungen. IV. Flach linsenförmiges Korn aus dem Samen des Weizens; V. aus dem Samen der Erbse. VI. Inulinscheibe aus Helianthus tuberosus, durch mehrmonatliches Liegen von Wurzelstücken in Alkohol hervorgebracht. Vergr. 1 : 500.

3. Krystalle des oxalsauren Kalkes.

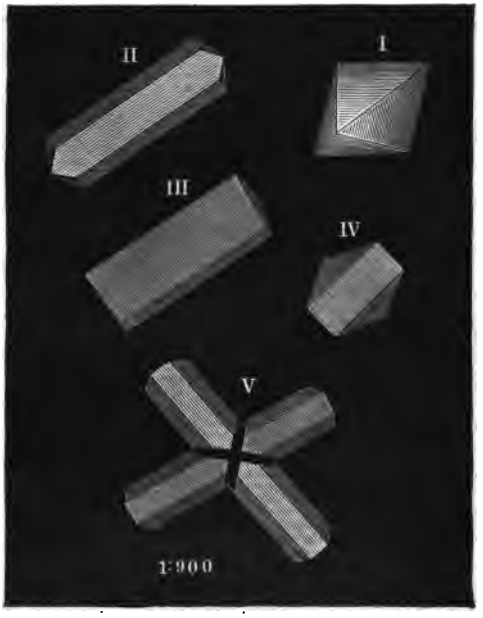
Die Krystallformen, welche dem quadratischen Systeme angehören, sind optisch einachsig. Octaëder, die so stehen, dass ihre Hauptachse parallel mit der Achse des Polarisationsapparates steht, wovon sich in Canadabalsampräparaten immer einzelne finden, erscheinen sowohl zwischen den gekreuzten Nicols allein, als nach Einschaltung eines Gypsplättchens neutral. Liegende Octaëder glänzen auf dem dunklen Grunde unter $\pm$ 45° silberweiss (Fig. 187 I. a. f. S.). Auf dem Gypsgrunde erscheinen dieselben mit der Hauptachse unter + 45° orientirt in Dunkelblau bis Grünblau, unter — 45° Orange bis Gelbweiss. In gleicher Weise verhalten sich die Combinationen der quadratischen Säule mit dem Octaëder (Fig. 187 II. bis V.)

Es fällt sonach in allen diesen Formen die grösste Elasticitätsachse mit der optischen Achse zusammen und es ist der in denselben krystallisirte oxalsaure Kalk einachsig-positiv.

Digitized by Google

Von den Krystallformen des klinorhombischen Systems eignen sich namentlich diejenigen, welche in der Guajakrinde, den Musaceen, Scitamineen und Cannaarten, den Irideen und manchen Orchideen vorkommen. Besonders günstig sind die nicht zu kleinen und doch hinreichend dünnen Krystalle aus dem Blattstiele von Maranta zebrina.

Fig. 187.



Krystalle des quadratischen Systemes von oxalsaurem Kalke. II., III. und V. aus der Schale der Zwiebel, I. und IV. aus dem Blattparenchym von Tradescantia discolor. Vergr. 1 : 900.

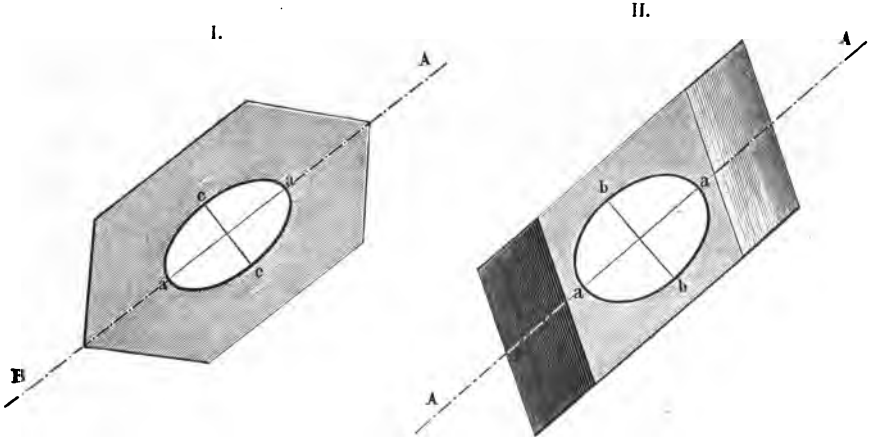
Orientirt man eine dieser durch Abstumpfung der stumpfen (orthodiagonalen) Kanten entstandenen, auf dem dunklen Grunde mit Glänzendweiss erster Ordnung bis Grün zweiter Ordnung leuchtenden Combinationen von Maranta auf der Endfläche liegend mit der Klinodiagonale unter + 45° über dem verzögernden Plättchen, so erhöht dieselbe den Gypsgrund auf Blau bis Orange zweiter oder Grün dritter Ordnung, während sie unter — 45° Subtractionsfarben hervorruft, die je nach der ursprünglichen Färbung des Objectes sich in höheren oder tieferen Tönen der ersten Ordnung bewegen. In ähnlicher Weise verhalten sich die gleichen Combinationen unter gleicher Orientirung, wenn sie auf einer der Abstumpfungsflächen liegen, nur dass dann die optische Wirkung in Bezug auf den entsprechenden Durchmesser eine verhältnissmässig geringere ist, d. h. dass dieser zur Hervorbringung der gleichen Farbe auf dem dunklen Grunde ein grösserer sein muss. Eine ähnliche Combination aus der Guajakrinde gab auf der Endfläche liegend zwischen den einfach gekreuzten Nicols Rosa dritter Ordnung, auf dem Gypsplättchen unter + 45° Hellrosa vierter Ordnung, unter — 45° Orange zweiter Ordnung, eine zweite auf der Abstumpfungsfläche liegend für sich Grün dritter Ordnung, auf dem Gypsplättchen unter + 45° Grün vierter Ordnung, unter — 45° Grün zweiter Ordnung. In gleicher Weise verhalten sich die hierher gehörigen Krystallformen der anderen Pflanzen, unter anderen auch die Nadeln von Scilla, Aloe u. s. w. Unter 0° und 90° erscheinen sich sämmtliche hierher gehörigen Krystalle neutral, wenn entweder die Abstum-

Digitized by Google

pfungsflächen der orthodiagonalen Kanten, oder die Endflächen mit der Polarisationsebene eines der beiden Nicol'schen Prismen parallel gerichtet sind.

Suchen wir aus diesem Verhalten den Verlauf der Elasticitätsachsen festzustellen, so ergibt sich, dass in der Endflächenlage die grösste der hier zur Geltung kommenden Achsen mit der Klinodiagonale, die kleinere mit der Orthodiagonale parallel gerichtet ist und dass in der anderen Lage die erstere parallel der Endfläche, die andere in einer hierauf senkrechten Ebene dahingeht. Hieraus aber folgt, dass die grösste Elasticitätsachse mit der Klinodiagonale parallel ist, die beiden anderen in einer zu dieser senkrechten Ebene liegen. Um deren Stellung in dieser letzteren zu bestimmen, dient die Drehung des Objectes um die orthodiagonale oder die auf dieser senkrechten Achse. Dreht man letztere, so wird der Krystall bei starker Neigung neutral, was darthut, dass die Achsenebene der Endfläche parallel geht, die kleinste Elasticitätsachse der Orthodiagonale gleichgerichtet (Fig. 188 I.), die mittlere auf dieser senkrecht ist (Fig. 188 II.), worauf übrigens auch schon der oben erwähnte

Fig. 188.



Die in der Endfläche I. und der der Klinodiagonale parallelen Abstumpfungsfläche II. zur Geltung kommenden Ellipsoiddurchschnitte für den oxalsauren Kalk.

Unterschied in der optischen Wirkung bei verschiedener Lage hindeutet. Hiermit die Farbenänderung des Gypsgrundes zusammengehalten, erweist sich der in klinorhombischer Form krystallisirte oxalsaure Kalk als zweiachsig-positiv.

Zwischen den beiden Formenreihen des oxalsauren Kalkes besteht insofern ein bemerkenswerther Unterschied, als die Krystalle des klinorhombischen Systems bei gleicher Dicke eine weit stärkere Wirkung äussern, als jene des quadratischen. So z. B. erscheint eine der quadra-

Digitized by Google

tischen Säulen der Tradescantia discolor von 0,015^{mm} auf dem dunklen Grunde nur in Gelblichweiss der ersten Ordnung, während eine der klinorhombischen Combinationen von Maranta zebrina sich schon bei 0,003^{mm} Dicke auf der Endfläche liegend orange, auf der Abstumpfungsfläche liegend gelbweiss färbt, eine solche von 0,006^{mm} auf der letzteren Fläche in Indigblau, auf der ersteren in Gelbgrün zweiter Ordnung erglänzt.

Dieses Verhalten kann für die Bestimmung derjenigen Krystalle von Wichtigkeit werden, deren Formen, wie dies bei den Nadeln und bei den Krystalldrusen der Fall, nicht mit Sicherheit zu erkennen ist. Hier deutet die verhältnissmässig starke Wirkung sofort darauf hin, dass dieselben nur dem klinorhomhischen Systeme angehören können. So z. B. leuchten die in der Tradescantia vorkommenden Nadeln schon bei sehr geringer Dicke glänzend weiss, gelblichweiss bis gelb, während die quadratischen Krystalle bei weit grösserer Dicke dieselben Farben geben. Man hat dieselben sonach keineswegs als abgeleitete Formen der letzteren zu betrachten, sondern zu den klinorhombischen Combinationen zu stellen. In gleicher Weise erkennt man die Drusen der Begonien als aus quadratischen, jene der Asclepiadeen u. s. w. als aus klinorhombischen Combinationen zusammengesetzt.

Karl v. Erlach: Mikroskopische Beobachtungen über organische Elementartheile bei polarisirtem Licht. Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie etc. 1847. Hft. 14, Seite 313.

Ehrenberg: Monatsberichte der Berliner Akademien 1849. Seite 55.

Schacht: Das polarisirte Licht und seine Wirkung auf die Pflanzenzelle, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie 1856. Seite 428.

H. v. Mohl: Die Untersuchung des Pflanzengewebes mit Hülfe des polarisirten Lichtes. Botanische Zeitung 1858. Nro. 1 und 2. Nachträgliche Bemerkungen Nro. 52.

Max Schultze: Die kolbenförmigen Gebilde in der Haut von Petromyzon und ihr Verhalten im polarisirten Lichte. Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und Du Bois-Reymond 1861. Hft. 2 und 3.

Valentin: Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe im polarisirten Lichte. Leipzig 1861.

Nägeli: Botanische Mittheilungen. Hft. 2. Separatabdruck aus den Sitzungsberichten der Königl. Baier. Akademie der Wissenschaften 1862.

Digitized by Google

Vierter Abschnitt.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN BAU DER ORGANE.

I. Der Stengel.

1. Das Lager der Zellpflanzen.

Das Lager der niedrigst organisirten Gewächse, d. h. der Pilze, Flechten und Algen, besitzt einen höchst einfachen Bau, indem dasselbe aus nur einer einzigen gleichartigen Gewebeart, dem Parenchymgewebe, besteht, dessen verschiedene Modificationen einzig aus der Formverschiedenheit und der Anordnungsweise der zusammensetzenden Zellen hervorgehen.

Pilze.

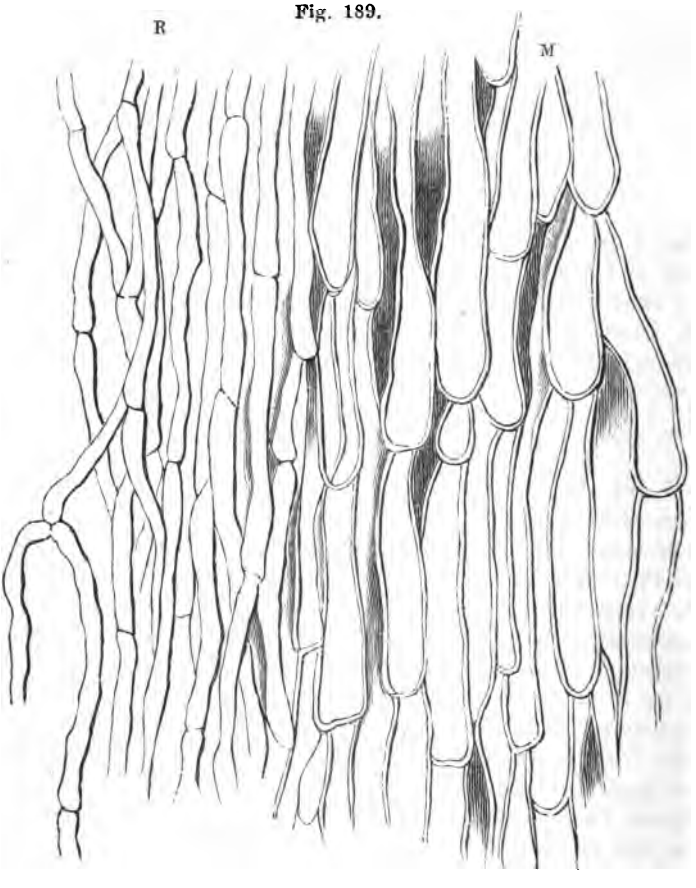
Bei den einfachsten Pilzen, den sogenannten Faden- oder Schimmelpilzen (denn einzellige Pilze existiren nach den neuesten Untersuchungen nicht, sondern es sind dieselben nur gewisse Entwickelungsformen anderer Pilze) besteht das Lager aus einzelnen unverästelten oder mannigfach verästelten Fäden, welche aus langgestreckten Parenchymzellen zusammengesetzt sind. Zur Untersuchung bedarf es hier, wenn die entsprechenden Arten auf der Oberfläche der befallenen Gegenstände wachsen, in der Regel keiner anderen Vorbereitung, als der vorsichtigen Trennung der einzelnen Fäden mittelst der Nadel. Wo solche Gewächse aber als wahre Parasiten in dem Inneren von anderen Organismen sich verbreiten, da wird eine vorgängige Präparation nothwendig. Soweit man es mit höheren Pflanzen als nährenden Organismen zu thun hat, wird sich diese in den meisten Fällen auf die Anfertigung von entsprechenden Quer- und Längsschnitten der befallenen Pflanzentheile beschränken können und wird nur in selteneren Fällen eine Präparation mittelst der

Digitized by Google

Nadel hinzutreten müssen, die vielleicht hier und da durch das Mazerationsverfahren unterstützt werden kann. Ein Eingehen auf alle möglichen Besonderheiten würde hier zu weit führen und erscheint um so weniger gefordert, als jeder Einzelne durch die vorhergehenden Untersuchungen über die Zelle und die Gewebe hinreichend befähigt sein wird, sich seinen dem speciellen Fall angemessenen Untersuchungsgang zu wählen.

Das Gewebe des eigentlichen Lagers aller höher organisirten Pilze unterscheidet sich im Wesentlichen nicht von demjenigen der eben genannten Gruppe. Es entsteht durch eine losere oder innigere Verbindung einzelner einfacher oder verästelter Fäden zu dem sogenannten Filzgewebe. Man hat dasselbe je nach dem Standorte der Pilze entweder unter der Erde oder in den oberen Gewebetheilen der Mutterpflanzen u. s. w. zu suchen und genügt zur Untersuchung die weiter oben geschilderte Verfahrungsweise in der Regel vollkommen.

Fig. 189.



Längsschnitt aus dem Strunk von Agaricus. *R* Rinde, *M* Mark. Vergr. 1 : 300.

Digitized by Google

Einen etwas zusammengesetzteren Bau als das eigentliche Lager zeigen jene Theile der höheren Pilze, welche zu Trägern der Fortpflanzungsorgane bestimmt sind und die sich in mancherlei äusseren Formen entwickeln, mit denen wir uns bei der gesteckten Aufgabe jedoch hier nicht weiter zu beschäftigen haben.

Häufig wird hier das ganze Organ nur aus einem nahezu gleichförmigen, aus verzweigten Fäden gebildeten Filzgewebe zusammengesetzt (Fig. 189), welche entweder lose durcheinander geschlungen und durch lufthaltige Zwischenräume voneinander getrennt sind, oder mittelst einer mehr oder minder gallertartigen Zwischensubstanz, die sich entweder schon in kochendem Wasser löst oder zu ihrer Beseitigung der Erwärmung mit Aetzkali oder dem Schultze'schen Mazerationsgemische verlangt, fester untereinander verbunden werden. Oefter aber ist das Gewebe nicht aus gleichgeformten Zellen gebildet und es treten neben den langgestreckten, fadenförmigen Zellen kugelig oder bauchig angeschwollene Zellen hinzu, welche entweder wie jene nur nach ihrer Längsachse mit einander verbunden sind und ebenfalls längere Fäden bilden oder auch vereinzelt zwischen den gewöhnlichen Fäden vorkommen. Hier und da, namentlich bei manchen Agaricus- (deliciosus, piperitus etc.) und Amanita-Arten, trifft man etwas weitere hier und da erweiterte röhrenförmige, zu mehr oder minder langen, oft blind mit keulenförmigen Spitzen endigenden Fäden verbundene Zellen an, die einen dem Milchsaft der höheren Gewächse ähnlichen, opaken Inhalt führen (Fig. 190 a. f. S.). Man hat dieselben häufig als eigenthümliche Organe (Milchsaftgefässe) bezeichnet und ihnen eine von den normalen Pilzfäden abweichende den Milchsaftgefässen der Cichoriaceen ähnliche Structur beigelegt. Diese Ansicht beruht aber auf Täuschung, denn bei einer eingehenden Untersuchung wird man sich auf das Klarste überzeugen, dass eine solche abweichende Structur niemals vorhanden ist und dass die Milchsaft führenden Fäden wie das übrige Gewebe aus einzelnen, langgestreckten Zellen zusammengesetzt sind.

Wo die eben besprochenen Zellenformen in dem Gewebe der Träger der eigentlichen Fortpflanzungsorgane (Stiel, Strunk, Hut u. s. w.) erscheinen, da nehmen sie nicht in gleicher Weise an der Zusammensetzung aller Partieen derselben Theil und wird man daher bei einer histiologischen Charakterisirung der betreffenden Organe darauf zu achten haben, ob und in welcher Weise dies geschieht. In dem Strunke lässt sich häufig ein locker gewebter lufthaltiger Cylinder als Mark unterscheiden, während der äussere Umfang einen abweichenden Bau besitzt und füglich als Rindengewebe bezeichnet werden könnte. Dieses letztere Gewebe besteht entweder aus feineren, inniger mit einander verbundenen Hyphen (Fig. 189), oder es ist lockerer gewebt als das Mark aus unregelmässig in einander verfilzten verschieden geformten Zellen gebildet (Fig. 190 II.), oder es wird endlich von senkrecht zur Achse des Stieles gestellten, innig aneinander gelegten, nach Aussen etwas angeschwollenen

Digitized by Google

und stärker verdickten Fadenzweigen zusammengesetzt (Fig. 191). In dem Hute der Hymenomyceten tritt eine ähnliche Differenzirung der Ge-

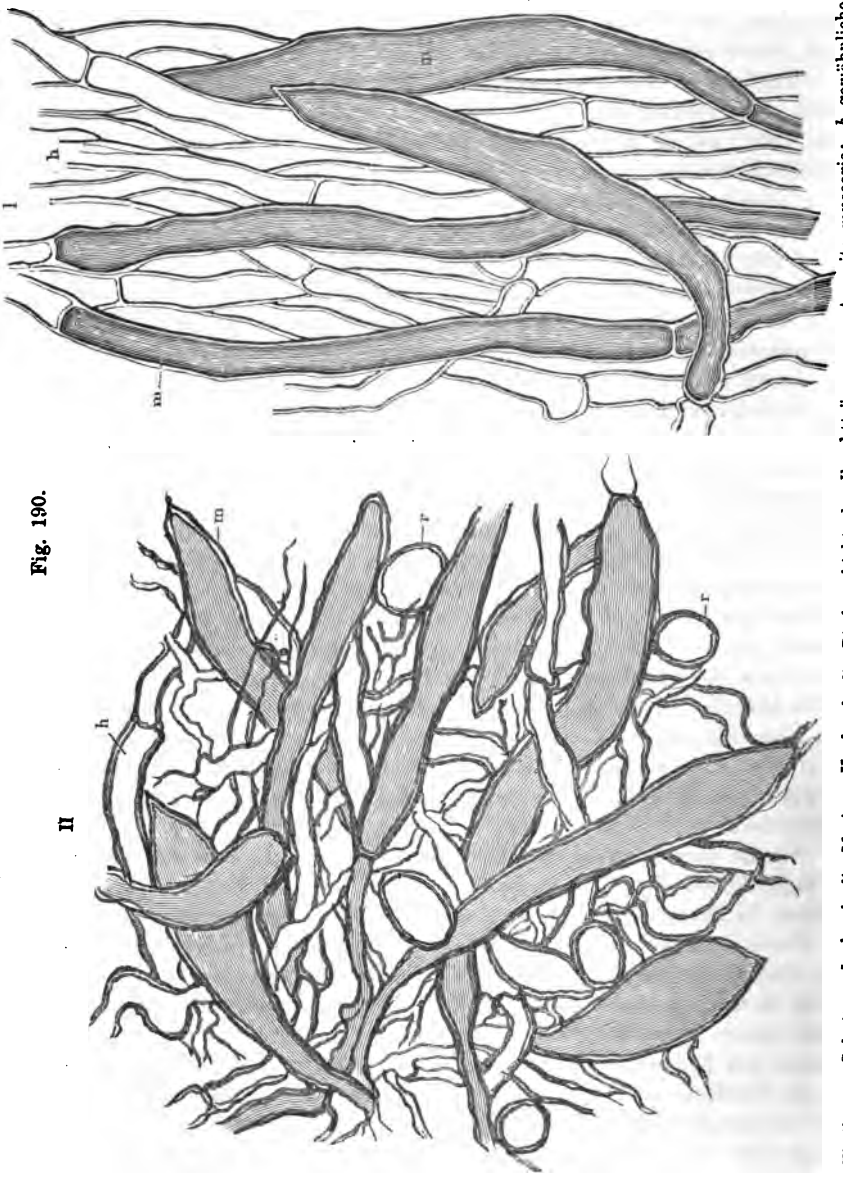


Fig. 190.

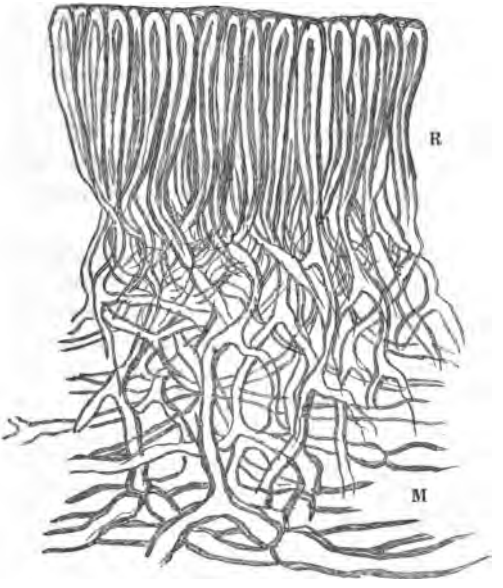
Theile aus Schnitten I. durch die Mark-, II. durch die Rindenschicht des Fruchtträgers von Amanita muscaria; *h* gewöhnliche Hymeniumfäden, *m* Milchsaft führende Zellen, *r* runde Zellen. Vergr. 1 : 360.

webe ein (Fig. 192 I. u. II.). Das Gewebe der Markschicht tritt dort in die Blätter etc. hinüber und bildet deren Körper, die Trama (*t*), von hier

Digitized by Google

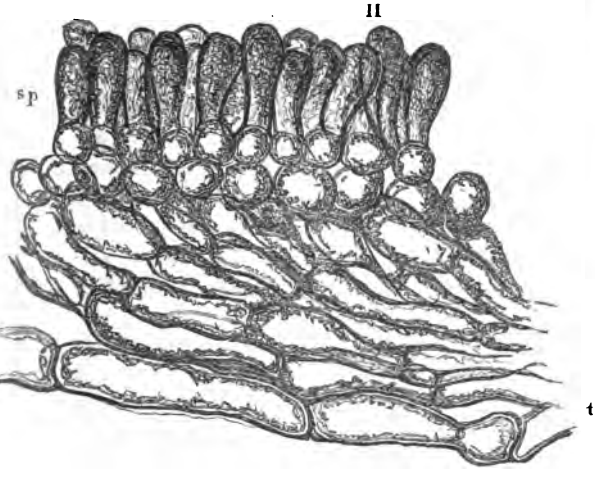
strahlen die Fäden nach den Seiten jener aus und gehen in ein aus rundlichen Zellen gebildetes Gewebe, das subhymeniale Gewebe (*sh*), über, auf

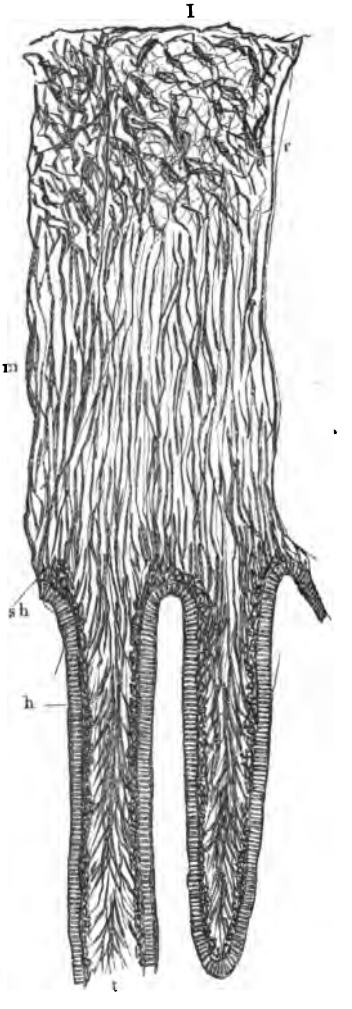
Fig. 191.



Theil eines Schnittes aus dem Hute von Palyporus lucidus. *R* Rindenschicht, *M* Markschicht. Vergr. 1 : 360.

Fig. 192.





I. Schnitt durch den Hut von Amanita muscaria. *r* Rindenschicht, *m* Markschicht, *t* Trama, *sh* subhuminales Gewebe, *h* Hymenium. — II. Schnitt durch die Lamelle. *sp* Sporenträger etc., Bezeichnung sonst wie bei I. Vergr. 1 : 360.

welchem schlauchförmige Zellen sich erheben (*h*), welche theils die Sporenträger bilden, theils zu sogenannten Paraphysen werden (Fig. 192). Aehn-

Digitized by Google

liche Verhältnisse treten mit mancherlei Modificationen, die wir hier nicht weiter verfolgen können, bei den Fruchtkörpern der übrigen Familien auf, welche bei vergleichenden Untersuchungen unsere Beachtung verdienen. Zur ausgiebigen Untersuchung bedarf es hier überall unbedingt feiner Schnitte, die in, den Verhältnissen entsprechenden, verschiedenen Richtungen und zwar wo möglich an ganz frischen Exemplaren geführt werden müssen. Wo das Gewebe seiner Weichheit halber der Anfertigung feiner Schnitte bedeutende Hindernisse entgegensetzt, da hilft man sich leicht durch Einlage in eine dicke und reine Lösung von arabischem Gummi, welches leicht zwischen das Gewebe eindringt und nach dem Trocknen den nöthigen Halt gewährt.

Nächst der Form der Zellen bleiben zunächst noch die Beschaffenheit der Zellhülle (die ursprüngliche Membran ist, soweit meine Beobachtungen reichen, der aller übrigen Gewächsen gleich) sowie der Zellinhalt zu berücksichtigen. Die Zellhülle ist bald von weicherer bald von härterer Beschaffenheit, bald nur sehr dünn, bald stärker verdickt, zeigt aber niemals Spiralbänder oder andere Verdickungsformen. Ihre chemische Zusammensetzung bleibt noch zu erforschen. Bis jetzt haben die allgemein gebräuchlichen mikrochemischen Reagenzien darüber noch keinen vollständigen Aufschluss zu geben vermocht. Nur in einzelnen Fällen hat man in derselben durch ihre blaue Färbung nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure Zellstoff nachzuweisen vermocht. Ob da, wo diese Nachweisung nicht gelingt, eine besondere Modification des Zellstoffes oder eine ganz eigenthümliche chemische Verbindung als Zellhülle vorhanden ist, bleibt erst noch nachzuweisen, ebenso ob der bei anderen Pflanzenzellen nachgewiesene Verholzungsprocess eintritt oder ob die Veränderung der anfänglichen chemischen Beschaffenheit, welche sich bei manchen Pilzen unzweifelhaft zu erkennen gibt, auf einen anderen Process zurückzuführen sei.

Der Zellinhalt ist hier ziemlich analog angeordnet wie bei den übrigen Pflanzenzellen. Es fehlt ihm nicht der stickstoffhaltige Bestandtheil oder das Protoplasma, wie dies die Reaction auf Jod, Zucker und Schwefelsäure nachweist. In dem Zellsafte scheint hier und da gelöster Zucker, wol auch gelöste Stärke (?) vorhanden zu sein. Geformte Stärke ist bis jetzt in dem Inhalte nicht aufgefunden, ebensowenig Chlorophyll. Die verschiedenen Farbstoffe, welche zum grossen Theile dem Zellinhalte, seltener der Zellhülle angehören, bedürfen noch einer näheren Untersuchung.

Einer der wichtigsten Inhaltsbestandtheile, der allen anderen lebenskräftigen Zellen nie abgeht, der Zellkern, ist nur in einzelnen Fällen mit Sicherheit nachgewiesen, während er in den meisten Fällen zu fehlen scheint.

Obgleich die Histiologie der Pilze im Ganzen sehr einfach ist, so wurde derselben bisher doch verhältnissmässig wenig Aufmerksamkeit geschenkt, so dass noch gar manche Fragen der Erledigung harren. Es

Digitized by Google

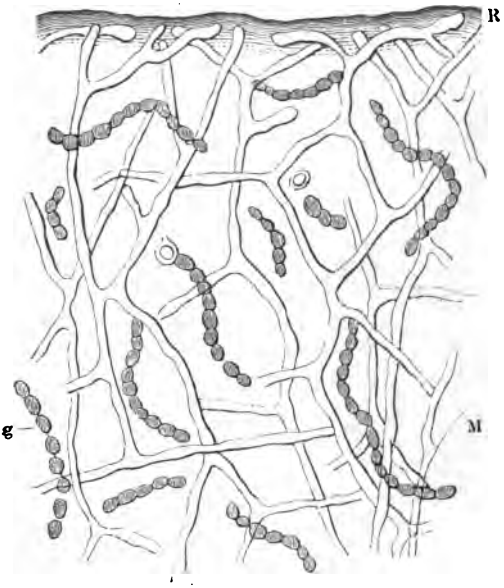
bleibt sonach für jene Forscher, die sich specieller mit dieser Pflanzengruppe befassen, noch Manches zu thun übrig und dürften namentlich ausgedehntere vergleichende histiologische Untersuchungen der einzelnen Familien von erheblichem Werth sein.

Flechten.

Das Lager der Flechten zeigt gleich dem der Pilze einen höchst einfachen Bau. Dasselbe besteht nur aus parenchymatischen Zellen. Es erscheint hier indessen neben den bei Laub- und Strauchflechten besonders hervortretenden Verschiedenheiten in der Form und der Anordnung der gestreckten fadenförmigen, mannigfach verästelten Zellen eine derartige Abweichung in Gestalt und Inhalt mancher Zellenpartieen, dass die nach Aussen gewendeten Theile des Lagers von dessen Innerem sich noch schärfer unterscheiden als bei den höher entwickelten Pilzen. Man hat diese verschiedenen Schichten, wie bei letzteren, als Mark- und Rindenschichten bezeichnet, und obwohl diese Bezeichnungsweise in beiden Pflanzengruppen keineswegs völlig begründet erscheint, wollen wir dieselbe der besseren Uebersicht halber doch beibehalten.

Die sogenannte Rindenschicht findet sich an der oberen sowohl als an der unteren Fläche des Thallus. Hier steht sie mit den Haftorganen in unmittelbarer Verbindung. Diese letzteren bestehen aus cylindrischen Fortsätzen, von senkrecht neben einander verlaufenden Zellfäden, welche dicht mit einander verfilzt und hier und da seitlich verästelt sind. Nach dem Verhalten gegen Aetzkalilösung zu schliessen, wird die festere Verbindung durch eine Zwischensubstanz vermittelt, welche von der genannten Flüssigkeit gelöst wird. Die Zellfäden der Haftorgane setzen sich unmittelbar in jene der unteren Rindenschicht fort. Die Verästelung nimmt hier zu und die Verfilzung wird bei den oben genannten

Fig. 193.



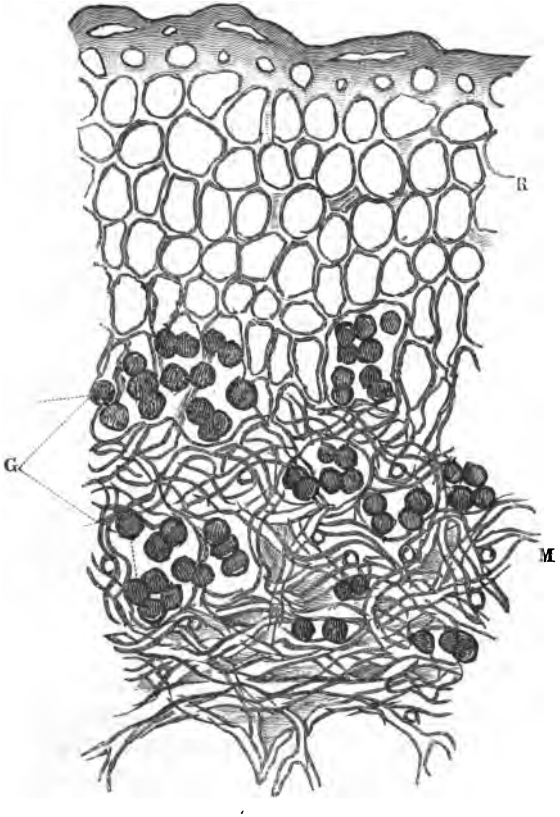
Querschnitt durch das Lager von Collema compactum. *R* Rindenschicht, *M* Markschicht, *g* Gonidien. Vergr. 1 : 500.

Digitized by Google

Flechtengruppen sehr dicht. Dadurch entsteht bei diesen ein ziemlich haltbares, scheinbar parenchymatisches Gewebe, dessen Festigkeit noch durch die zwischen die einzelnen Zellen abgelagerte Zwischensubstanz vermehrt wird (Fig. 193 a. v. S.), während bei den Gallertflechten die Rindenschicht weniger hervortritt. Die hier auftretenden Zellen besitzen verhältnissmässig dicke, feste, in Wasser sowohl als in Alkalien und Säuren aufquellende Hüllen, in denen durchaus kein Zellstoff nachzuweisen ist. Das Lumen ist oft bis zum Verschwinden klein und sind demgemäss auch die Querscheidewände schwierig aufzufinden, obwohl sie nicht fehlen.

Aus der unteren Rindenschicht austretend setzen die Zellfäden die Markschicht zusammen. Was dieselbe hauptsächlich unterscheidbar macht, ist zunächst die immer lockere Verbindung der in mannigfacher Weise verästelten, hin- und hergebogenen Zellen. Die Zwischensubstanz scheint hier ganz zu fehlen und werden die Zwischenräume des Gewebes von Luft erfüllt (Fig. 194). Dann aber nehmen die Zellen an Umfang zu. Es wird zwar die Hülle kaum stärker; dagegen erweitert sich in der Regel das Lumen nicht unbedeutend, was namentlich da hervortritt, wo die Zellfäden Anschwellungen zeigen oder sich verästeln. Die Querwände treten hier entschieden deutlich hervor. Die Zellhülle zeigt ganz dasselbe chemische Verhalten, wie bei der vorhergehenden Gewebeschicht. Der Inhalt besteht seiner chemischen Reaction nach aus einer stickstoffhaltigen feinkörnigen Substanz.

Fig. 194.



Querschnitt durch das Lager von Peltigera canina. *R* Rindenschicht, *M* Markschicht, *G* Grindien. Vergr. 1 : 500.

In dem nach der oberen Rindenschicht gewendeten Theile der Markschicht entstehen, falls die Ansichten, welche

Digitized by Google

neuerdings mehrseitig aufgestellt wurden, begründet sind, durch Theilung in etwas angeschwollenen Seitenästen oder auch im Verlaufe der Zellfäden kugelige oder länglich runde, Chlorophyll führende, bei den Laub- und Strauchflechten in grössere oder kleinere Gruppen, bei den Gallertflechten in Reihen geordnete Zellen, die sogenannten Gonidien, und bilden eine mehr oder minder ausgedehnte Schicht, welche von den aus dem Marke nach der oberen Rindenschicht tretenden Zellfäden durchwoben wird. Der letztgenannte Gewebetheil des Thallus gleicht in histiologischer Beziehung ganz der unteren Rindenschicht. Nur nimmt das Gewebe bei den Laub- und Strauchflechten eine noch parenchymähnlichere Form an (Fig. 194) und legen sich bei den Gallertflechten die Fadenäste, wenn sie auch sonst mehr senkrecht verlaufen, an den Oberflächen in horizontaler Richtung nebeneinander (Fig. 193 a. S. 335).

Zur Untersuchung des Flechtenlagers bedarf es zarter Quer- und Längsschnitte, welche letztere sowohl in der der Oberfläche parallelen, als in der auf ihr senkrechten Richtung geführt werden müssen.

Algen.

Die einfachsten Gestalten dieser Classe bestehen aus nur einer einzigen Zelle und sind unter dem Namen der einzelligen Algen bekannt. Dahin gehören die Protococcoceen, die Desmidieen, Palmellaceen, Diatomeen, Valonieen etc. Die äusserst mannigfaltigen Formverschiedenheiten, welche namentlich bei den Desmidieen, Diatomeen u. s. w. auftreten, haben uns hier nicht zu beschäftigen. Die Objecte unserer Beobachtungen sind in den Bestandtheilen der Zelle und ihrem Baue gegeben und lassen sich die dafür gestellten Aufgaben mit Ausnahme der Valonieen meist ohne jede weitere Präparation lösen, indem man einfach eine Anzahl von Individuen ihrem Standorte entnimmt und in Wasser oder einer anderen passenden Zusatzflüssigkeit auf dem Objectträger unter Deckglas ausbreitet.

Die Zellwand verlangt ganz dieselben Untersuchungsmethoden, wie sie bereits früher angegeben wurden. Dasselbe gilt für den Inhalt, welcher bei allen Familien mit Ausnahme der Diatomeen, bei welchen das Chlorophyll durch einen gelb bis braun gefärbten Farbstoff, das sogenannte Phycochrom, ersetzt wird und Fetttropfen u. s. w. als Inhaltskörper zu beobachten sind, keine irgend hervorhebenswerthe Eigenschaften besitzt.

Diatomeen. — Für die Diatomeen wird der Bau der Zellhülle, namentlich das Verhältniss der sogenannten Raphe, ob dieselbe eine verdickte oder verdünnte Stelle oder gar eine Lücke in der verkieselten Zellhülle sei, dann die Structur der Oberfläche auf Haupt- und Nebenseiten von Interesse. Gilt es auch hier zunächst nicht die eigenthümlichen Verdickungsformen, welche vorzugsweise für die specifische Charakterisirung von Wichtigkeit werden, in ihren Einzelheiten für die verschiedenen

Digitized by Google

Familien, Gattungen und Arten zu verfolgen, so ist es doch nothwendig, sich über die verschiedenen Haupttypen derselben wie über die denselben zu Grunde liegenden feineren Structuren um so mehr zu unterrichten, als dieselben, soweit sie wenigstens die feinen Zeichnungen auf den Kieselschalen der Pleurosigmen, Naviculaceen u. s. w. betreffen, in neuerer Zeit zwischen verschiedenen Forschern Controversen hervorgerufen haben. So werden z. B. die Zeichnungen des Pleurosigma angulatum (siehe Bd. I. Seite 128) von einzelnen Forschern als durch drei sich durchschneidende Streifensysteme hervorgebracht angesehen, während andere sie als sechsseitige krystallähnliche Erhebungen, noch Andere als wechselseitige Vertiefungen betrachten und sie nach einer neuesten Ansicht endlich in vierseitigen in eigenthümlicher Weise gegeneinander gestellten Körperchen ihren Grund haben sollen. Da die feiner gezeichneten Objecte der Beobachtung wegen der Kleinheit ihrer Oberflächenzeichnungen nicht unbedeutende Schwierigkeiten entgegensetzen, so ist zunächst zu beachten, dass man sich der schwebenden Frage eben nur dann nahen darf, wenn man im Besitze ausgezeichneter Objectivsysteme ist. Dann aber gehe man für die einzelnen durch eigenthümliche Structur bedingten Formverhältnisse immer von den leichteren, mit ähnlichen grösseren Zeichnungen versehenen Arten und Gattungen, für jene mit ausgesprochener sechseckiger Zeichnung, z. B. von Triceratium, Isthmia, Bidulphia aus und schreite allmälig, soweit es das Material gestattet, zu den kleiner und kleiner werdenden (Coscinodiscus, Eupodiscus u. s. w.) und endlich zu den feinsten Zeichnungen fort, welche in verschiedenen Graden durch verschiedene Cocconeisarten repräsentirt werden. Das Hauptmittel zur Entscheidung wird der geschickte Gebrauch der feinen Einstellung mit genauester Beachtung des Bd. I. S. 355 näher beschriebenen Verhaltens der Reliefverhältnisse gewähren, das aber für die schwierigeren Arten nur dann mit Erfolg zur Anwendung gebracht werden kann, wenn vorher die betreffenden Objecte einer geeigneten Vorbereitung unterworfen, d. h. von ihrem Inhalte befreit und in ihre einzelne Platten zerlegt worden sind. Um dieses Ziel bei denjenigen Diatomeen zu erreichen, welche man nicht ohnehin, wie z. B. die Meeresdiatomeen, von irgend einem Präparateur oder einer Präparatenhandlung (Bourgogne in Paris, Möller in Vreden, Rodig in Hamburg sind hier zu empfehlen) beziehen muss, und die man dann zunächst von allen mit ihnen vermischten und verunreinigenden fremden Substanzen allenfalls durch Glühen, Behandeln mit Salzsäure, dem Schultze'schen Mazerationsgemisch, Schlemmen u. s. w. befreit hat, ist folgendes Verfahren, welches von Gerstenberger mitgetheilt wurde, als das einfachste zu empfehlen. Die möglichst gereinigten Diatomeen werden in einem Porzellanschälchen fast völlig eintrocknen gelassen, das letztere dann bis zur Hälfte mit Salpetersäure gefüllt und eine geringe Quantität chlorsaures Kali zugefügt. Hierauf kocht man solange, bis die anfänglich auftretende grüne Färbung des Diatomeeninhaltes vollständig verschwunden und das Ganze nahezu farblos geworden ist. Um nun die Säure zu entfernen, schüttet man

Digitized by Google

den Inhalt des Schälchens in ein geräumiges, mit Wasser gefülltes Becherglas, lässt absetzen, decantirt die überstehende Flüssigkeit und wiederholt dieses Verfahren so oft, bis man sich überzeugt halten darf, dass alle salpetersauren Salze vollständig entfernt sind. Die so erlangten Spaltungsproducte hebt man in Weingeist auf und glüht dieselben dann vor der Beobachtung in der Seite 342 des ersten Bandes beschriebenen Weise, wonach das Präparat an Klarheit nichts zu wünschen übrig lassen wird.

Die hier in Betracht kommenden Verhältnisse der Oberflächenstructur lassen sich unter folgenden Hauptformen zusammenfassen:

1. Die Kieselhülle ist einfach, in der Regel quergestreift, indem verdünnte Stellen mit verdickten abwechseln, wie bei den gröber gezeichneten Pinnularien.
2. Die verdickten Streifen zeigen eine perlige Structur oder es erscheinen dieselben anscheinend aus Krystallkörperchen zusammengesetzt, wie bei Eunotia, Himanthidium, Cymbella.
3. Vertiefte oder verdünnte Stellen der Kieselhülle werden von mehr oder minder regelmässigen vieleckigen, meist sechseckigen, wallartigen Erhebungen umgeben, wodurch häufig bei feiner gezeichneten Objecten oder bei schwacher Vergrösserung scheinbare sich unter verschiedenen Winkeln durchkreuzende Streifensysteme zum Vorschein kommen, wie bei Triceratium, Isthmia, Coscinodiscus, Cocconeis u. a. m.
4. Die Kieselhülle ist mit wirklichen unendlich kleinen Quarzkörperchen bedeckt oder aus diesen zusammengesetzt, welche mit ihrer Längsachse der Zelle parallel gerichtet sind oder diese unter einem schiefen Winkel (meist 45°) schneiden. Hieraus resultiren zunächst nur bei stärkeren Vergrösserungen genau erkennbare schachbrettartige Zeichnungen, welche bei schwächerer Vergrösserung als mehr oder minder regelmässige Sechsecke erscheinen oder selbst den Eindruck von sich durchschneidenden Streifensystemen machen. Hierher gehören die feiner gezeichneten Naviculaarten, Pleurosigma, Nitschia, Grammatophora u. a.*)

Siphoneen. — Um den feineren Bau der Zellhülle der Siphoneen zu studiren, muss man feine Querschnitte durch die Zellen anfertigen, die sich bei den stärker verdickten und umfänglichen Arten recht schön aus freier Hand, bei den anderen zwischen Hollundermark, oder mittelst Einhüllens der Zellfäden in die an anderen Orten beschriebene Gummimasse erhalten lassen.

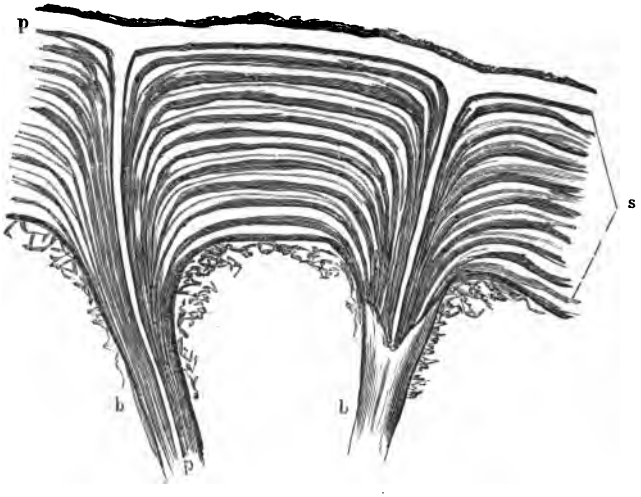
Besonders interessante und für manche Fragen über den Bau der Zellwand wichtige Aufschlüsse gewährende Objecte liefern die aus einer

*) Genaueres über diese Structurverhältnisse werden die Nachträge zum I. Bande bringen, da ich erst durch neuerdings erhaltene sehr vortreffliche stärkste Objectivsysteme zur Aufhellung derselben in den Stand gesetzt wurde und gegenwärtig noch mit den einschlägigen Untersuchungen beschäftigt bin.

Digitized by Google

einzigen vielfach verzweigten Zelle bestehenden Caulerpaarten. Hier ist der Bau von allen Forschern, welche sich bisher mit demselben be-

Fig. 195.



Kleiner Theil eines Querschnittes durch die Zellhülle von Caulerpa Flagelliformis mit durchschnittenen Zellstoffbalken. *p* primäre Zellhülle und von dieser ausgehende feine Balken, *s* geschichtete secundäre Verdickung der äussern Zellhülle, welche sich in die Zellstoffbalken *b b* fortsetzt. Vergr. 1 : 500.

schäftigten, besonders das gegenseitige Verhältniss der den Hohlraum durchziehenden verästelten Zellstoffbalken und der Zellhülle mit ihren Verdickungsschichten zueinander theils ungenau, theils vollständig falsch dargestellt und daher natürlich auch gänzlich irrig gedeutet worden. Indem ich in dieser Beziehung für das Ausführlichere auf eine demnächst von mir erscheinende Arbeit verweise, will ich nur anführen, dass man, um sich über dieses Verhältniss genau zu unterrichten, äusserst feine Querschnitte nothwendig und in diesen diejenigen Stellen zur Untersuchung besonders auszuwählen hat, wo mittelst des Schnittes einer oder einige der in die Zellhülle eingedrungenen Zellstoffbalken möglichst genau in der Mitte getroffen wurden. Man wird dann das in der Fig. 195 wiedergegebene Verhalten nicht verkennen können und auch jenes der schief getroffenen Balken richtig aufzufassen im Stande sein. Ebenso werden nach so erlangter richtiger Anschauung weniger gelungene Stellen klarer werden, namentlich, wenn man sich der genauesten Einstellung befleissigt, welche für diese Untersuchung ganz besonders anzuempfehlen ist, damit man sich nicht durch die unter oder über den Zellstoffbalken fortlaufenden Schichtungsstreifen irreleiten lässt. Im Uebrigen lassen sich auch für Caulerpa die Seite 67 u. folg. erwähnten Untersuchungsmethoden verwerthen. Für die Erkenntniss des Verlaufes der Verdickungsschichten in der Nähe der Zellstoffbalken leistet Kalilauge als Quellungsmittel, vor

Digitized by Google

allem aber die Beobachtung in polarisirtem Lichte unter Anwendung eines verzögernden Plättchens gute Dienste.

Conferven. — Die Conferven oder Fadenalgen bilden entweder einfache Formen, wo sie dann aus einfach in ihrer Längsachse aneinander gereihte Zellen (Ulothrix, Zygnema, Spirogyra, Oedogonium u. s. w.) bestehen, oder es verästeln sich die Fadenzellen in mehrfacher Weise bald mehr bald minder regelmässig und an bestimmten Stellen, und bringen so nach mehr oder minder deutlich gesetzmässiger Ordnung gebildete Gestalten hervor. Für die Bildungsgeschichte dieser letzteren ist es von Interesse, die Folge der Zelltheilungen zu studiren und das Gesetz der Bildungsweise zu erforschen und müssen dafür die Untersuchungen von der Keimung an beginnen und in lückenloser Reihe fortschreiten. Zumeist wird man für diesen Zweck im Zimmer cultivirte Arten benutzen können, deren Erhaltung und Weitervegetiren für längere Zeit ohne Schwierigkeit gelingt, wenn man die weiten Gläser, in denen man die Cultur vornimmt, vor Staub und vor zu starkem Lichtreize schützt. Wo es keine besondere Schwierigkeiten macht, da empfiehlt sich jedoch neben cultivirten Pflanzen auch frisch ihren natürlichen Standorten entnommene der Beobachtung zu unterwerfen.

Zur Beobachtung der in Bezug auf die Ineinanderschachtelung der den verschiedenen Zellgenerationen angehörigen Zellhüllen waltenden, sowie für die sonstigen Structurverhältnisse der letzteren genügen in der Regel Flächen- und mittelst Gebrauches der feinen Einstellung erlangte optische Längsschnittansichten. Wo stärker verdickte, geschichtete Zellstoffhüllen vorhanden sind, da können zu diesen noch Querschnitte treten, welche sich in der bei den Voloniaceen geschilderten Weise erhalten lassen. Die Anwendung der betreffenden Reagentien darf natürlich nicht versäumt werden, da ihre Wirkungsweise gegenüber den verschiedenen Hüllschichten und Hüllgenerationen, worüber schon bei Gelegenheit der Zelltheilung gehandelt wurde, manche für das richtige Verständniss wichtige Aufklärungen gewährt.

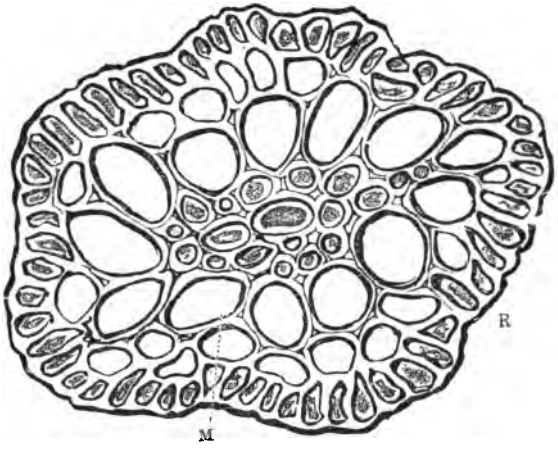
Florideen und Fucoideen. — Die Florideen und Fucoideen werden in der Regel von gesetzmässig angeordneten Zellgruppen gebildet, auf deren Anordnung die hier sehr reich vertretenen Formverschiedenheiten beruhen, die sich indessen immer mehr oder minder deutlich auf einen Hauptstamm mit verschiedenartiger Verästelungsweise zurückführen lassen. Um sich hierüber die erforderlichen Anhaltspunkte zu verschaffen, ist es durchaus nothwendig, von der Keimung an an der Hand der Entwickelungsgeschichte die sich geltend machenden Zellvermehrungsprocesse zu verfolgen, aus denen eben aber je nach Umständen Zellkörper, Zellflächen und Zellfäden hervorgehen. Da die hier in Betracht kommenden Pflanzen indessen meist nur einzelnen Forschern zugänglich werden, so dürfen wir das Specielle um so eher übergehen, und brauchen bloss

Digitized by Google

auf die verschiedenen unten citirten Arbeiten in dieser Richtung zu verweisen.

Zum Studium des histiologischen Baues der fertigen Pflanzen lassen sich Herbariumexemplare recht wohl benutzen und kann man dieselben im Wasser aufweichen, wobei die Zellen ihr frisches Ansehen fast ganz wieder erlangen. Man wird dabei auf die Unterschiede in den Zellenformen zu achten haben, je nachdem sie in dem Inneren, an der Aussen-

Fig. 196.



Querschnitt durch das stengelartige Lager von Polysiphonia complanata. *R* Rindenschicht, *M* markartiges Gewebe. Vergr. 1 : 80.

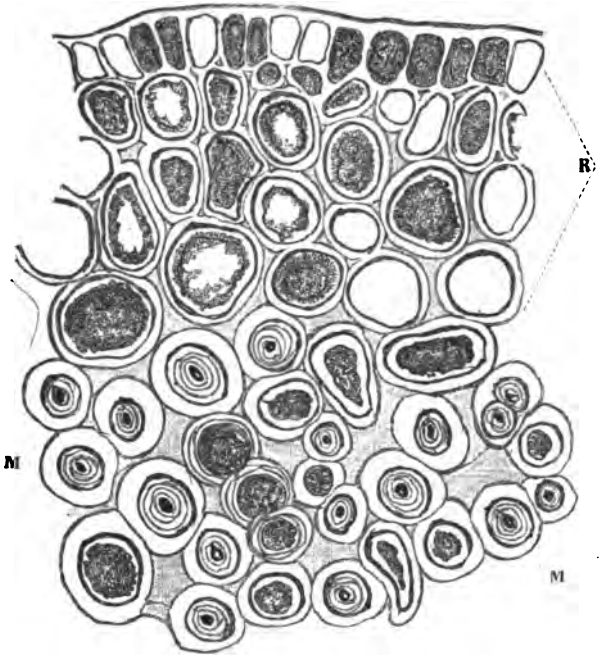
fläche oder dicht unter dieser auftreten. In der Regel wird man hier, namentlich bei den stengelartig, hier und da auch bei den mehr flächenartig ausgebreiteten Lagern Verschiedenheiten finden, welche der Differenzirung der gleichartigen Gewebe bei den höheren Gewächsen mehr oder minder analog sind, und sich in gewissem Sinne als Markgewebe, Rindenschicht und Oberhaut auffassen lassen (Fig. 196 u. 197).

Die Untersuchungsmethode wird sich hier nach den Verschiedenheiten des Materials in Bezug auf Bau und Consistenz verschieden gestalten und für einzelne Gattungen entsprechende Modificationen erleiden, bald einfacher bald complicirter sein müssen. Querschnitte werden über die Anordnung der Zellenarten in der Richtung von der Peripherie nach dem Centrum Aufschluss geben, Längsschnitte die Zellformen selbst näher erkennen lassen und weitere Andeutungen über die Verbindungsweise untereinander gewähren, während isolirte Zellen für die genaue Kenntniss der einzelnen Zellformen das noch Fehlende ergänzen können. Die chemische Beschaffenheit der Zellhüllen und, wo dieselben vorhanden sind, ihrer einzelnen Schichten wird mittelst der bekannten Reagentien sich ermitteln lassen, während über den feineren Bau die

Digitized by Google

schon mehrfach besprochenen Untersuchungsweisen den gewünschten Aufschluss geben.

Fig. 197.



Querschnitt aus dem Lager von Fucus spec. *R* Rindenschicht, *M* markartiges inneres Gewebe. Vergr. 1 : 320.

2. Stengel der Moose.

Stengel der Lebermoose.

Laubartige Lebermoose. — Bei einer Gruppe der Lebermoose ist der Stengel laubartig, d. h. in der Fläche ausgebreitet. Er nähert sich insofern dem Lager mancher Flechten, von dem er sich indessen in seinem Bau doch wesentlich unterscheidet. Den vollkommensten Bau besitzt der laubartige Stengel der Marchantiaceen. Derselbe zeichnet sich nämlich durch einen hier und da verzweigten centralen Strang langgestreckter chlorophyllleerer oder doch chlorophyllarmer, manchmal Krystallconglomerate führender Zellen aus, den man wohl als erste Andeutung des Gefässbündels aufzufassen berechtigt sein dürfte (Fig. 198 *M* a. f. S.). Die Oberhaut (*E* u. *E*^{1}), in der sich zerstreute Spaltöffnungen finden, wird von engeren und kleineren Zellen gebildet, von denen aus sich auf der Unterseite die bekannten Wurzelhärchen (*h*) fortsetzen. Auf der oberen Seite

Digitized by Google

liegen unter der Oberhaut einige Lagen rundlicher Rindenzellen (*R*), welche dicht mit Chlorophyll erfüllt sind, während das übrige Gewebe des Lagers aus weitem polyëdrischen Parenchym (*P*) besteht, dessen Zellen netzförmig verdickt erscheinen. Um sich über die Verhältnisse im Allgemeinen Aufschluss

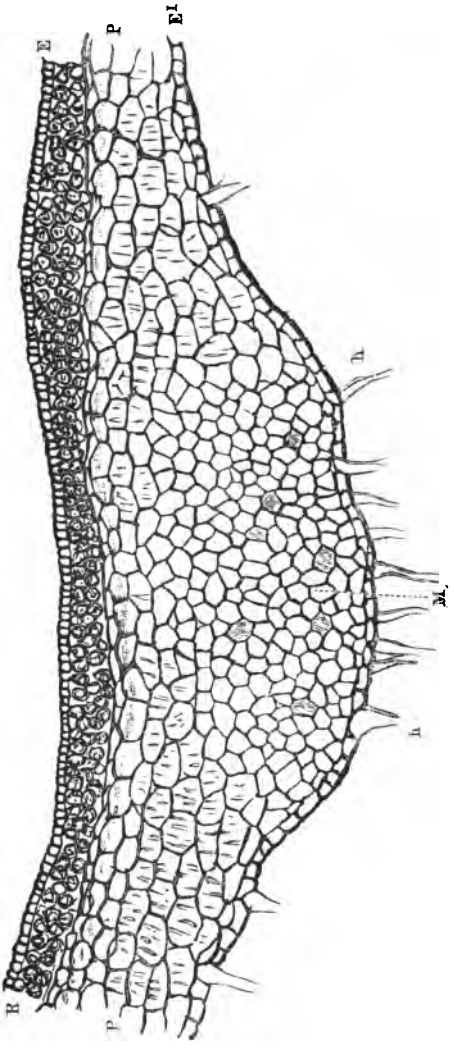


Fig. 198. Querschnitt durch den laubartigen Stengel von Marchantia polymorpha. *E* und *E*¹ obere und untere Epidermis, *R* chlorophyllhaltige aus rundlichem Parenchym bestehende Rindenschicht, *P* netzförmig verdicktes Stengelparenchym, *M* Mittelnerv, *hh* Wurzelhaare. Vergr. 1 : 80.

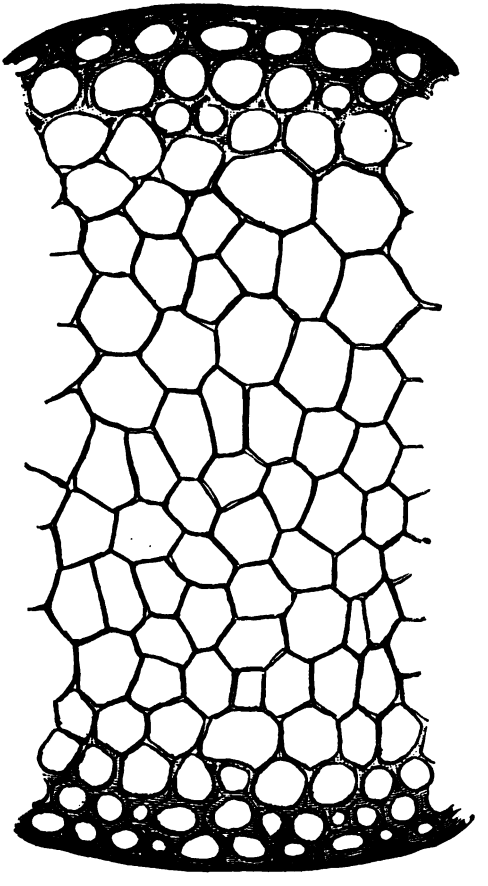
zu verschaffen, genügt die Betrachtung unverletzter Stengel oder Stengeltheile, welche nöthigenfalls durch Behandlung mit Aetzkali durchsichtig gemacht und durch Druck auf das etwas starke Deckglas flach ausgebreitet werden müssen. Um die feinere Structur zu erkennen, nimmt man zarte

Digitized by Google

Quer-, Längs- und Flächenschnitte, welche sowohl den mittleren Zellenstrang, als die seitliche blattartige Ausbreitung treffen. Endlich kann man noch die isolirten Zellen der beiden Stengeltheile der Betrachtung unterwerfen, welche man am besten durch Mazeration mittelst Aetzkalilauge gewinnt.

Beblätterte Lebermoose. — In der zweiten Gruppe, welche die beblätterten Lebermoose umfasst, nähert sich der Stengel in der äusseren Form mehr dem der nachfolgenden Classe, während er im inneren Bau fast einfacher erscheint, als der der vorhergehenden Gruppe (Fig. 199). Er besteht hier nämlich ganz aus gestrecktem Parenchym. Dieses erscheint nach Aussen als Rindenlage stärker verdickt und hier und da in seiner Zellstoffhülle mehr oder minder stark gelb bis bräunlich gefärbt und geht ganz allmälig in das zarte Parenchym des inneren Theiles über. Eine Andeutung eines Gefässbündels, welche sich durch abweichend gebaute, stärker verlängerte oder verengerte Zellen kenntlich machte, ist, soweit meine Erfahrungen reichen, hier nirgends vorhanden.

Fig. 199.



Querschnitt durch den Stengel von Madothea platyphylla. Vergr. 1 : 300.

Zur Untersuchung des Stengelbaues bedarf man hier zarter Quer- u. Längsschnitte, welche man bei einiger Uebung ganz gut aus freier Hand anfertigen, oder auch mittelst der im ersten Band angegebenen Methode gewinnen kann.

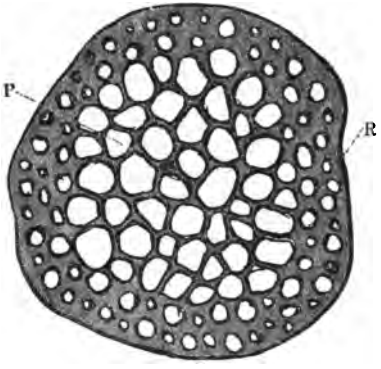
Stengel der Laubmoose.

Der Stengel bei den Laubmoosen zeigt, wie schon bei Gelegenheit der Gefässbündeluntersuchungen erwähnt worden, mehrere Typen.

Digitized by Google

Moose ohne Gefässbündelstrang. — Bei einer gewissen Anzahl von Laubmoosen unterscheidet sich der Stengel in seinem histiologischen Baue kaum von jenem der beblätterten Lebermoose. Der einzige Unterschied, der sich bemerklich macht, besteht darin, dass der Rindentheil aus stärker verdickten und verholzten, meist dunkelbraun gefärbten faserartigen Zellen besteht, und dass der Uebergang von dem Rindengewebe in das zartere kürzere Stengelparenchym nicht ganz allmälig, sondern meist mehr plötzlich erfolgt (Fig. 200). Zu dieser Gruppe von Moosen gehören unter anderen Barbula, Fontinalis, Orthotrichum, Gymnostomum.

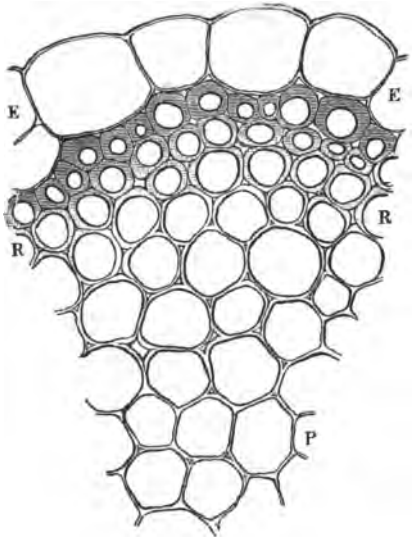
Fig. 200.



Querschnitt durch den Stengel von Gymnostomum microstomum. *R* verdickte Rindenzellen, *P* Stengelparenchym. Vergr. 1 : 180.

Sphagneen. — Der Stengel der Sphagneen kommt in seinem Baue nahezu dem der vorhergehenden Gruppe gleich (Fig. 201). Derselbe besitzt

Fig. 201.



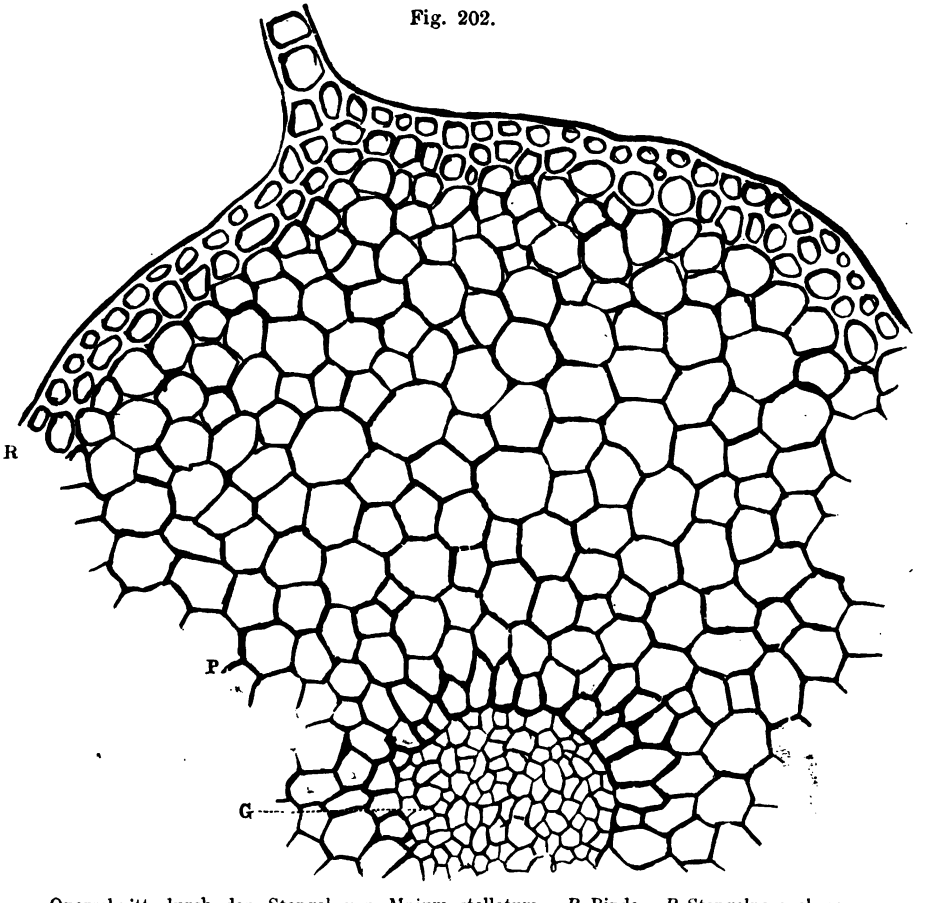
Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Sphagnum cymbifolium. *E* Oberhautzellen, *R* verdickte gefärbte Rindenzellen, *P* Stengelparenchym. Vergr. 1 : 320.

Digitized by Google

eine ein- oder zweireihige aus gestreckten, weiten, eigenthümlich spiralig-porös verdickten Zellen gebildete Oberhaut, unter der sich als Rinde eine mehr oder minder starke Schicht meist dunkel gefärbter, verholzter, häufig poröser, faserähnlicher Zellen einfindet, welche allmälig in das zartwandige Stengelparenchym übergeht.

Moose mit centralem Gefässbündelstrange. — Einen ziemlich ähnlichen Bau wie bei den Moosen der ersten Gruppe besitzt der Stengel von Dicranum, Thamnium, Anomodon, Bartramia, Bryum, Hypnum. Hier tritt aber ein entschieden ausgesprochenes Gefässbündel hervor, indem sich ein centraler Strang von Zellen auf dem Querschnitt theils durch ihre stärkere Verdickung (Dicranum), theils durch ihre zartere Wandbeschaffenheit (Mnium), theils nur durch die Verengerung ihres Lumens (Thamnium), welche auch immer mit der verschiedenen Wandverdickung Hand in Hand geht, vor den übrigen Elementen des Stengels auszeichnet (Fig. 202).

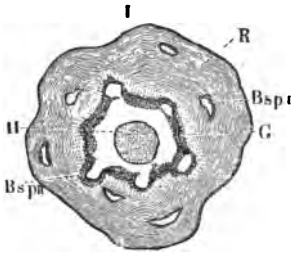
Fig. 202.



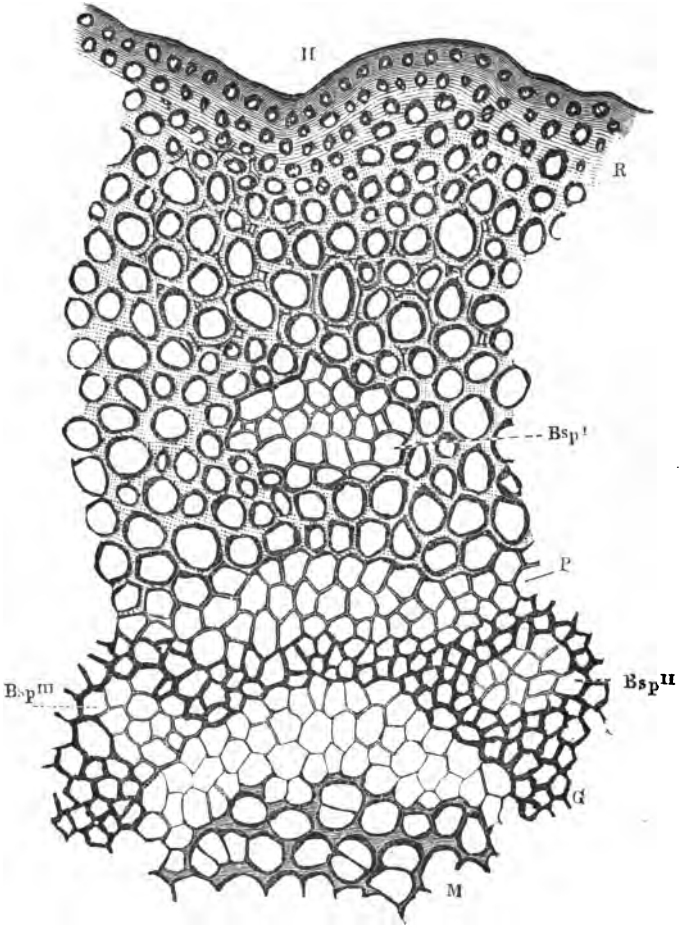
Querschnitt durch den Stengel von Mnium stellatum. *R* Rinde, *P* Stengelparenchym, *G* Gefässbündelstrang. Vergr. 1 : 320.

Digitized by Google

Fig. 203.



Moose mit ringförmigem Gefässbündel. — Den vollkommensten Stengelbau zeigen die Polytrichumarten. Die verdickten englumigen und stark gefärbten Rindenzellen gehen hier auf dem Querschnitt allmälig in ein weitmaschigeres Parenchym über, dessen Zellhüllen eine gelbliche Färbung zeigen, dann folgt mit ebenfalls allmäligem Uebergange ein mehr oder minder breites dünnwandigeres Gewebe, das nach



I. Querschnitt durch den Stengel von Polytrichum commune. Dunkel gefärbtes Rindengewebe. *M* Markbündel, *G* Gefässbündelring, *Bsp*^{I} Blattspuren in der Rinde, *Bsp*^{II} mit dem Gefässbündelring in Verbindung stehende Blattspuren. Vergr. 1 : 20. — II. Theil des Querschnittes I, stärker vergrössert. *R* Rinde, *P* Stengelparenchym, *M* Mark, *G* Gefässbündelcylinder, *Bsp*$^{I\,II\,III}$ Blattspuren. Vergr. 1 : 150.

Digitized by Google

Innen mit einem Kranze dunkel gefärbter, mässig verdickter, theils engerer, theils weiterer Zellen abschliesst. Innerhalb dieser letzteren tritt ein ziemlich breiter in seinen Wandungen wenig gefärbter Ring zartwandigen Gewebes auf, das in einen centralen Strang von einseitig verdickten Zellen mit stärker gefärbten Wandungen übergeht (Fig. 203 II.). Das Gefässbündel wird bei Polytrichum, wie schon früher bei näherer Charakterisirung seines Baues nachgewiesen wurde, und wie namentlich auch die Vergleichung des Längsschnittes lehrt, von dem zweiten Gewebekreise von dem centralen Strange an gerechnet gebildet, ist also nicht mehr ein centraler Strang, wie bei der vorhergehenden Gruppe, sondern ein zusammenhängender Hohlcylinder und es vermittelt somit der Bau des Stengels dieser Gattung der Uebergang zu dem der nächstfolgenden Classe mit ringförmig gestellten, getrennten Gefässbündeln. Hier treten auch bei den Moosen deutliche mit dem Gefässbündel des Stengels in Verbindung stehende Blattspuren auf, die je nach dem Alter des betreffenden Blattes bei einfacherem Baue entweder direct mit dem Gefässbündel zusammenhängen (Fig. 203 I. u. II. *Bsp*^{II}) oder in dem nächstgelegenen Parenchymkranze näher bei oder weiter von demselben entfernt stehen (*Bsp*^{I}), oder bei einem dem Mittelnerven des Blattes mehr genäherten Baue sich mit Sicherheit bis in das derbwandigere Aussenparenchym zunächst unter der Rindenlage verfolgen lassen und auf dem Längsschnitte nicht minder deutlich hervortreten, wie auf dem Querschnitte.

Neben den zur Orientirung über den histiologischen Gesammtaufbau des Moosstengels nothwendigen Quer- und Längsschnitten müssen hier auch, um sich über die Structur der einzelnen an den verschiedenen Stengelzonen theilnehmenden Zellformen genügend zu unterrichten, isolirte Zellen der Beobachtung unterworfen und wenn erforderlich mit den entsprechenden aus den vorigen Abschnitten leicht zu entnehmenden Reagentien behandelt werden. Auch hier verwendet man zur Maceration am besten Kalilauge. Um die verschiedenen Zellformen mit Sicherheit als zu dem Aufbau dieses oder jenes Theiles des Stengels beitragend zu erkennen, fertigt man mässig starke Längslamellen aus der Mitte an, welche die oben charakterisirten Gewebeunterschiede alle in sich aufnehmen, und trennt dann unter dem einfachen Mikroskope die einzelnen Theile, die man nach dem sorgfältigen Studium guter Längsschnitte leicht von einander zu unterscheiden im Stande sein wird, um dann jeden für sich mittelst der Nadel in seine einzelnen Elementarorgane zu zerlegen.

Um die Wachsthumsgeschichte, d. h. das Hervorgehen und die weitere Ausbildung der einzelnen Gewebepartien zu ermitteln, nimmt man von im Wachsthum begriffenen Stengeln, Quer- und Längsschnitte von der Spitze an abwärts. Zur Ermittelung des Zusammenhanges der Blattspuren mit dem allgemeinen Gefässbündelcylinder müssen etwas dickere Längsschnitte verwendet und diese, nachdem sie durch Behandlung mit Kalilauge, die man dem Schnitte entweder unter Deckglas zugiebt, oder in der man kürzere Zeit kocht, unter schwacher Vergrösserung betrachtet werden.

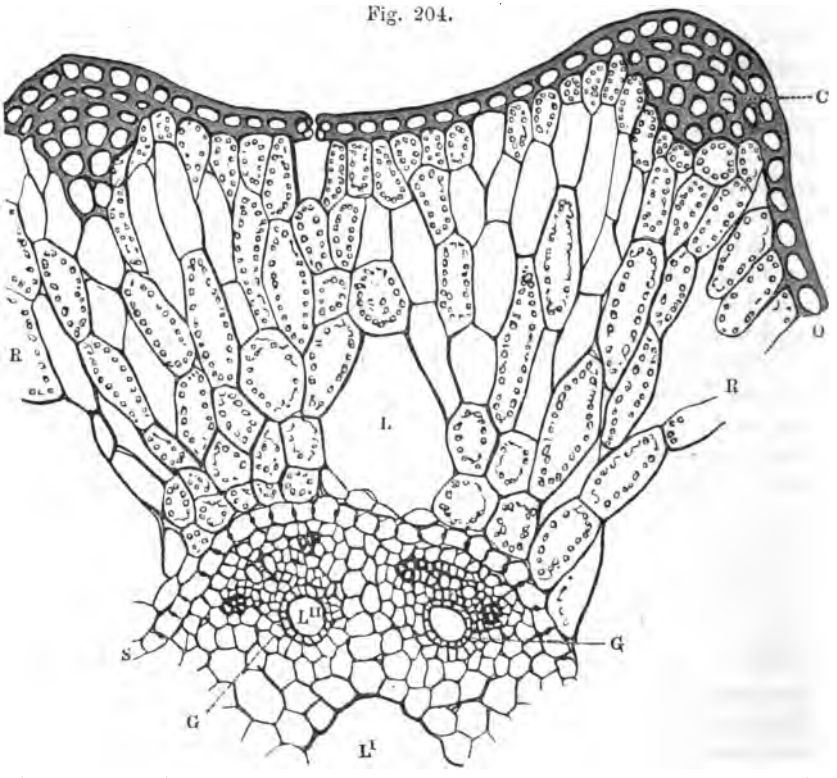
Digitized by Google

3. Stengel und Stamm der Gefässkryptogamen.

Stengel der Schachtelhalme.

Der Schachtelhalmstengel besitzt eine einreihige aus mehr oder minder stark verdickten, verkieselten und mit mannigfach gestalteten Erhebungen gezeichneten Zellen bestehende Oberhaut, welche zwischen den erhabenen Leisten oder Riefen mit wenigen Ausnahmen zierliche in einzelne oder mehrfache Reihen geordnete Spaltöffnungen zeigt (Fig. 204 *O*).

Fig. 204.



Querschnitt durch einen jungen Stengel von Equisetum silvaticum. *O* Oberhaut, *C* Collenchym, *R* Rindenparenchym, *S* Gefässbündelscheide, *G* Gefässbündel, *L* Luftlücke im Rindengewebe, L^{I} centrale Luftlücke, L^{II} Luftlücke des Gefässbündels. Vergr. 1 : 150.

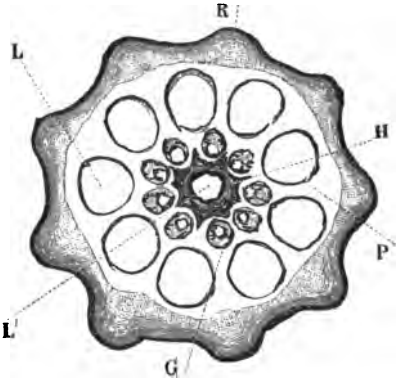
Die äussere Rindenschicht besteht mit wenigen Ausnahmen (Equ. limosum, fertile Stengel von arvense und Telmateja) zum grossen Theil aus stark verdickten, in den oberirdischen Stengeltheilen ungefärbten, in den Rhizomen mehr oder minder dunkelbraun gefärbten faserartigen Zellen. Letztere häufen sich entweder nur an den Stellen, wo der Stengel hervorspringende Leisten hat, zu grösseren Bündeln (Fig. 204 *C*), oder

Digitized by Google

erscheinen auch noch unterhalb der vertieften Stellen (Rillen) in mehrfachen Reihen (Equ. pratense, arvense). Die Innenrinde, aus bald mässig verdicktem, bald zartwandigem Parenchym bestehend, wird von grossen Luftgängen derart durchbrochen, dass sich von jeder der Riefen aus eine mehr oder minder breite Parenchymbrücke zu dem entsprechenden Gefässbündel hinüberzieht, also zwischen je zweien der letzteren sich auf dem Querschnitte eine Lücke befindet (Fig. 204 u. 205 *L*). Diese Parenchymbrücken setzen sich dann nach Innen in die wenigen Zellenlagen fort (Equ. arvense, hyemale u. s. w.), welche die Luftgänge zunächst begrenzen und von der gemeinsamen Gefässbündelscheide trennen (Equ. arvense, palustre u. s. w.), oder sie gehen unmittelbar in das Zwischen- und Markparenchym über (Equ. limosum). Letzteres enthält seinerseits wieder einen grossen centralen Luftgang (Fig. 204 u. 205 L^1).

Die meistens durch ziemlich bedeutende Parenchymlagen von einander getrennten Gefässbündel umgeben das Markgewebe in einem Ringe und es stimmt deren Anzahl mit jener der Leisten des Stengels, resp. der je einem Knoten zugehörigen quirlständigen Aeste überein, welche bekannt-

Fig. 205.



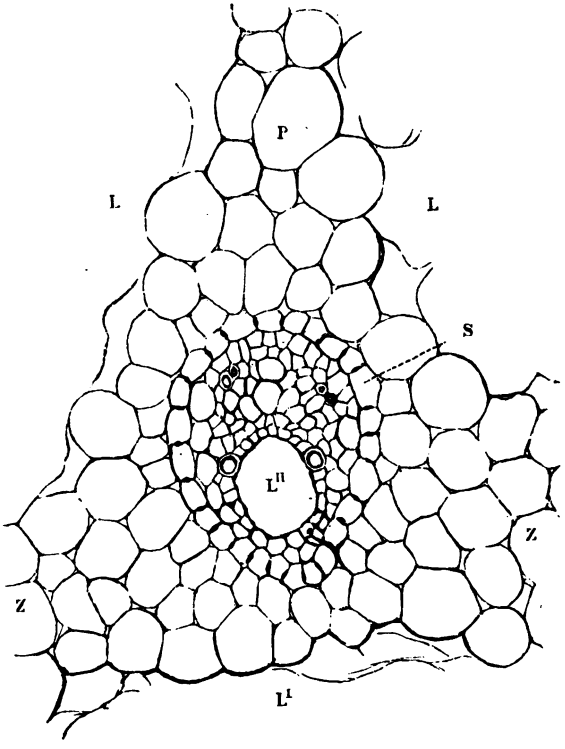
Querschnitt durch das Rhizom von Equisetum arvense. *R* Rinde, *P* Stengelparenchym mit den Luftgängen, *L*, *G* Gefässbündel mit kleinen Luftgängen, *M* das durch dickwandiges, braungefärbtes Parenchym von den Gefässbündeln getrennte Mark, L^1 centraler Luftgang. Vergr. 1 : 25.

lich je nach den einzelnen Arten verschieden ist (Fig. 205 *G*). Von der Rinde wird der Gefässbündelring entweder durch eine gemeinsame, leicht erkennbare einfache Reihe von mehr oder minder verdickten, gewellte Wände besitzende, den schwarzen Punkt Caspary's zeigende, in den Rhizomen meist bräunlich oder gelb gefärbten Zellen getrennt (Equ. arvense etc.) (Fig. 204 u. 207 *S*), oder es wird jedes einzelne Gefässbündel von einer derartigen Scheide umgeben, während, wie schon oben angedeutet, das Rindengewebe unmerklich in das Zwischen- und Markgewebe übergeht

Digitized by Google

(Equ. limosum, oberirdische Stengel [Fig. 206 *S*]). Wir haben in dieser Zellenreihe offenbar denjenigen Theil des Stengelparenchyms vor uns, dessen

Fig. 206.



Querschnitt aus dem Stengel von Equisetum limosum. Bezeichnung wie Fig. 204. Vergr. 1 : 150.

wir schon im vorhergehenden Abschnitte bei den Monokotyledonen als Gefässbündelscheide erwähnten. Eine gegen das Mark gewendete gemeinsame Gefässbündelscheide tritt nur bei einzelnen Arten (Equ. variegatum, hyemale) auf, dagegen findet sich in dem Rhizome ziemlich allgemein ein Kranz von stärker verdickten und braun gefärbten Zellen, welcher mit vorgezogenen Spitzen in das Zwischengewebe hineinragt (Fig. 207).

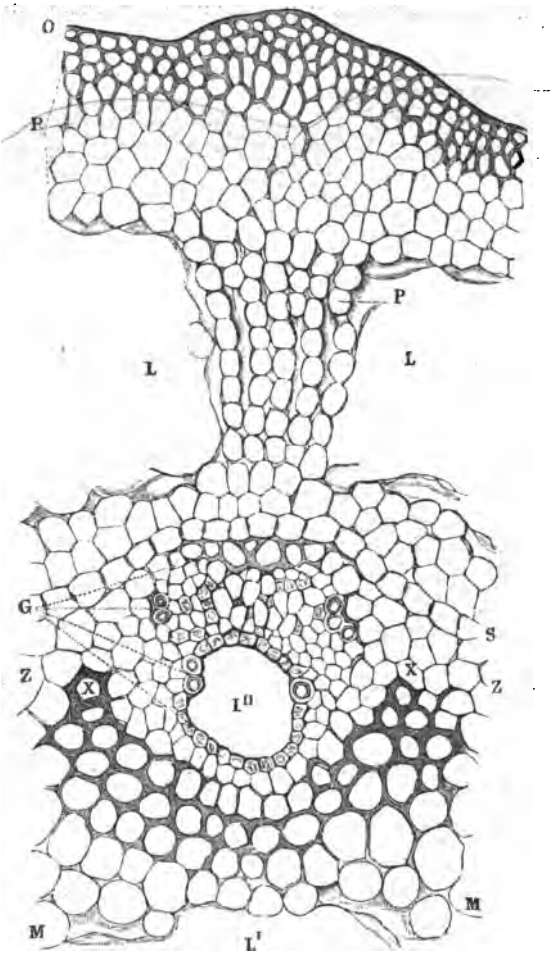
In den Knoten treten die Gefässbündel nach den Blättern und Aesten hinüber, während sie zugleich eine geringe Verschiedenheit in Bezug auf den Bau und die Gruppirung der einzelnen Elemente beobachten lassen.

Quer- und Längsschnitt aus verschiedenen Höhen des Stengels und ebenso durch das Rhizom geben über alle hier vorkommenden Verhältnisse die nöthigen Aufschlüsse und hat man nur für die Erforschung des feineren Baues der verschiedenen Zellenarten etc., der indessen schon früher bei dem Gefässbündel seine Berücksichtigung gefunden, isolirte Zellen in Betracht zu ziehen.

Digitized by Google

Um die Entstehung der einzelnen Gewebetheile des Stengels und deren Ausbildung zu studiren, muss man mit den Quer- und Längsschnit-

Fig. 207.



Querschnitt aus dem unterirdischen Stengel von Equisetum arvense. *O* Oberhaut, *R* Rindengewebe, *P* zwischen den Luftgängen befindliche Parenchymbrücke, *S* Gefässbündelscheide, *G* Gefässbündel, *Z* Zwischengewebe, welches nach dem Mark hin *(X, X)* dunkel gefärbt und verdickt ist und bis zwischen die Gefässbündel vordringt, *M* Mark, *L* Luftgänge des Rindengewebes, L^{II} der Gefässbündel, L^{I} centraler Luftgang. Vergr. 1 : 150.

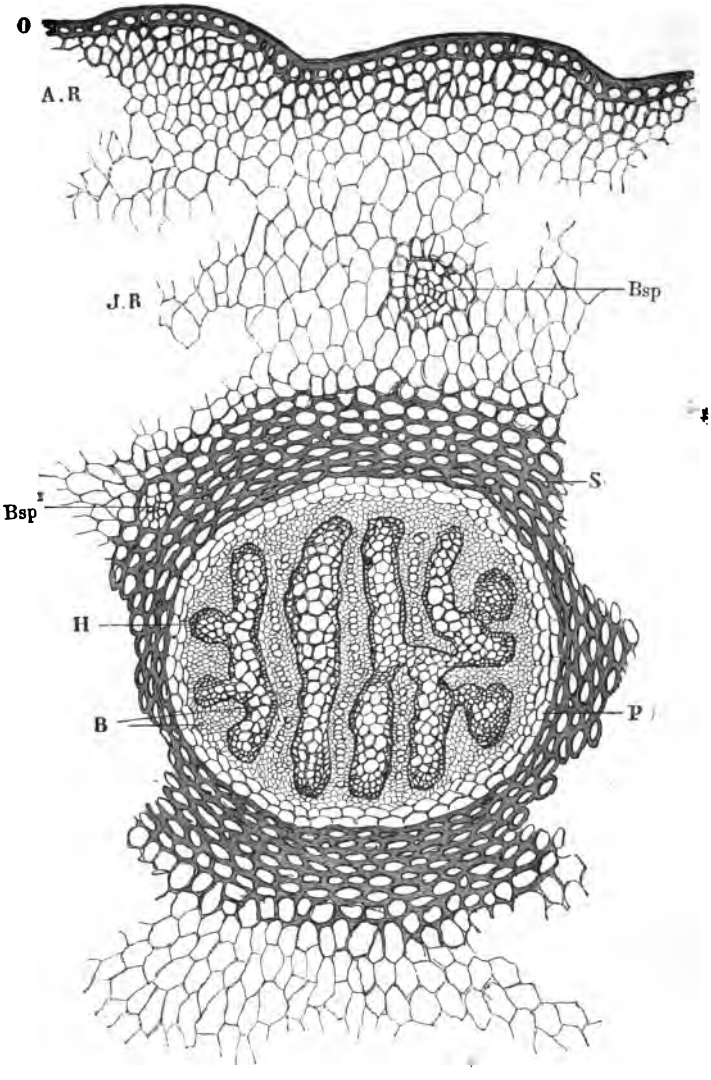
ten von der Spitze des wachsenden Stengels aus nach abwärts steigen. Diese werden dann namentlich auch über die Entstehung der Lufthehälter der Rinde und des Markes, sowie der Gefässbündel die nöthigen Daten an die Hand geben.

Digitized by Google

Stengel der Bärlappgewächse.

Der Stengel der Bärlappgewächse besitzt ebenfalls eine wahre, aus einer einzigen Lage verdickter Zellen gebildete Oberhaut mit Spaltöffnun-

Fig. 208.



Querschnitt durch den Stengel von Lycopodium annotinum. *O* Oberhaut, *AR* Aussenrinde, *JR* Innenrinde, *S* Faserscheide, *P* Gefässbündelscheide, dünnwandiges Parenchym in der Umgebung des Gefässbündels, *H* Holztheil, *B* Basttheil des Gefässbündels, *Bsp* und *Bsp*^{I} Blattspuren. Vergr. 1 : 120.

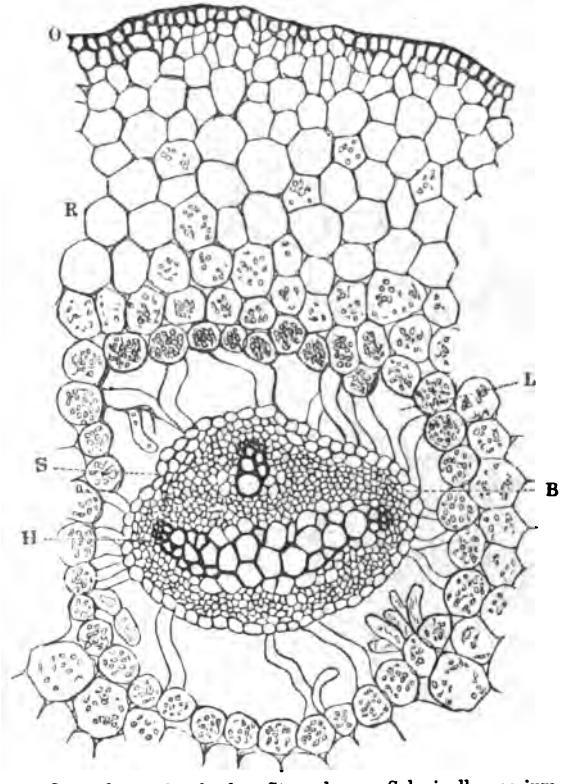
Digitized by Google

gen (Fig. 208 u. 209). Unter dieser liegen als Aussenrinde eine Anzahl von Zellenreihen mit ziemlich engem Lumen und mässig verdickten Wandungen und dann folgt ein mehr oder minder regelmässiges, weitzelligeres Parenchym mit Stärkemehl als Innenrinde (Fig. 208 u. 209 *AR* u. *JR*).

Die Innenrinde geht bei den Lycopodiumarten in die in ansehnlicher Breite entwickelte ringförmige äussere Scheide über, deren faserartige Zellen eine bedeutende Wandverdickung beobachten lassen (Fig. 208 *S*), und welche zunächst die aus einer Zellenreihe gebildete, dünnwandige innere Gefässbündelscheide (Fig. 208 *P*) und das centrale in der früher beschriebenen Weise gebaute Gefässbündel überall geschlossen umgibt. Innerhalb der Innenrinde, sowie der Gefässbündelscheide treten zahlreiche Blattspuren auf (Fig. 208 *Bsp* u. *Bsp*'), welche sich auf Längsschnitten sehr schön von den Blattansätzen aus bis zu dem Gefässbündel verfolgen lassen, wenn man nicht zu dünne Längsschnitte mit kalter Kalilauge umhüllt oder kürzere Zeit in derselben kocht.

Die Selaginellaarten lassen verschiedene Verhältnisse beobachten. Bei einzelnen Arten mit centralem Gefässbündel (Sel. caesium) liegt letzteres in einem lufterfüllten Hohlraume, durch welchen sich von der Gefässbündelscheide aus zum Rindenparenchym langgestreckte haarartige Zellen hinüberziehen (Fig. 209); bei anderen Arten setzt sich die Innenrinde theils in das engmaschigere Zwischengewebe fort, welches die einzelnen mittelpunktständigen Gefässbündelbänder und -Stränge von einander scheidet (Sel. Martensii), theils nimmt dieselbe (Sel. arborea) zunächst eine engmaschige Beschaffenheit an u. geht dann in ein schwammförmiges Gewebe über, welches die Lufträume durchzieht, von denen die isolirten Gefässbündel von Aussen umgeben werden.

Fig. 209.



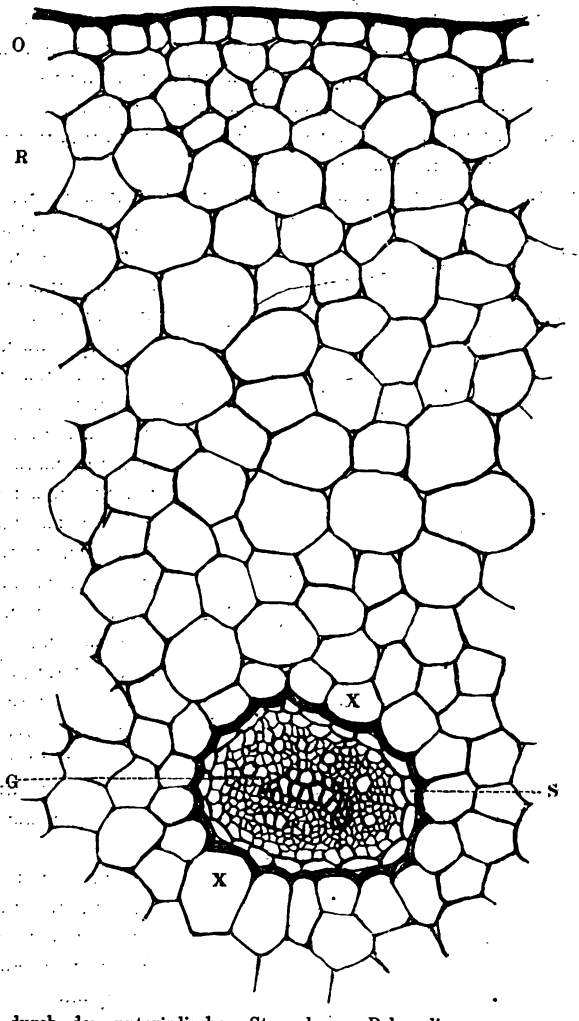
Querschnitt durch den Stengel von Selaginella caesium. *L* Luftstück um das Gefässbündel von haarartigen Zellen durchsetzt. Bezeichn. sonst gleich wie Fig. 208. Vgr. 1 : 180.

Digitized by Google

Der Stamm der Farnkräuter.

Der Stamm der Farnkräuter, mag er ein oberirdischer (Baumfarne) oder unterirdischer sein, besitzt in der Jugend eine wahre Epidermis, in der sich im ersten Falle zerstreute Spaltöffnungen finden. Unter dieser liegt entweder ein aus mässig verdickten parenchymatischen Zellen gebildetes Rindengewebe (Polypodieen, Fig. 210 *R*) oder es entwickelt sich zunächst die Aussenrinde, welche aus faserartigen, mehr oder minder stark verdickte,

Fig. 210.

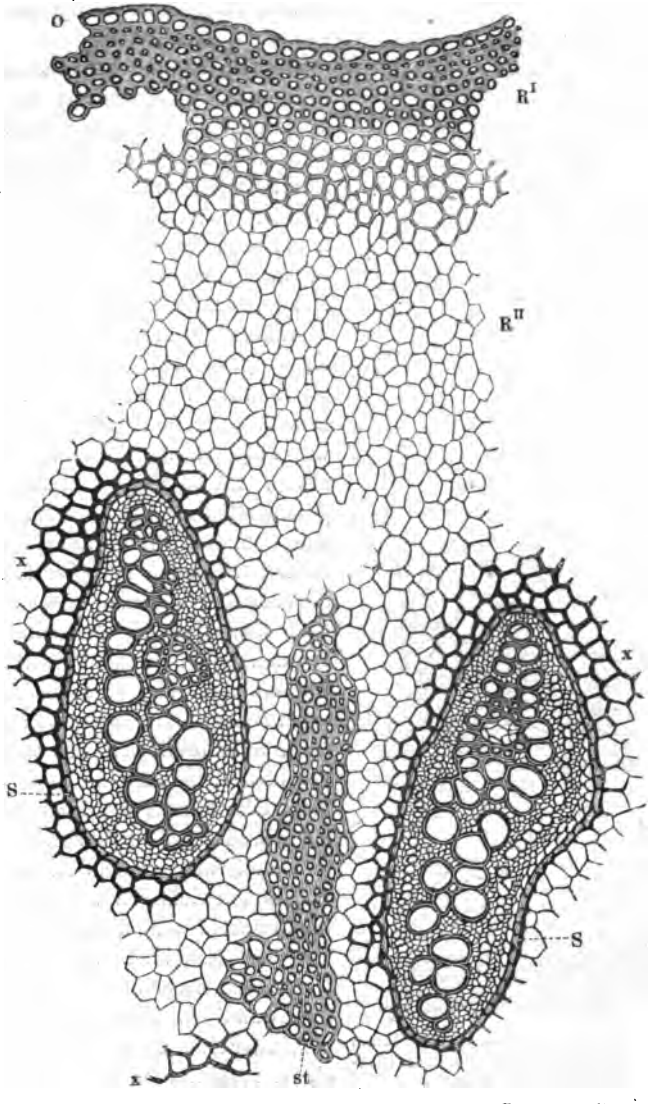


Querschnitt durch den unterirdischen Stengel von Polypodium commune. *O* Oberhaut, dünnwandiges Rindengewebe, *G* Gefässbündel, *S* Gefässbündelscheide, *X* einseitig verdickte Zellen ausserhalb der letzteren. Vergr. 1 : 200.

Digitized by Google

in der Regel braun oder gelb gefärbte, poröse Wände besitzenden Zellen (Pteris etc., Baumfarne) besteht und welche allmälig in die aus zartwandigem Parenchym bestehende Innenrinde übergeht (Fig. 211 R^I u. R^{II}). Diese setzt sich unmerklich in das allgemeine Stengelparenchym fort, welches theils das die zerstreuten Gefässbündel scheidende und durch die Gefässbündelscheide (S)

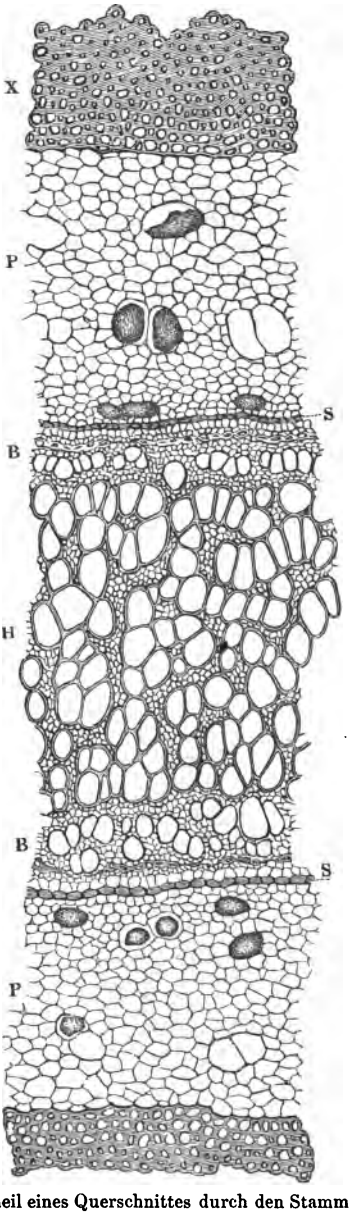
Fig. 211.



Theil eines Querschnittes durch den unterirdischen Stamm von Pteris aquilina. *st* Strang faserartiger Zellen. Bezeichnung sonst wie in voriger Figur. Vergr. 1 : 110.

Digitized by Google

Fig. 212.



Theil eines Querschnittes durch den Stamm von Cyathea incana. *H* Holztheil, *B* Bastheil des Gefässbündels, *S* Gefässbündelscheide, *P* dünnwandiger Parenchymgürtel, *X* Theile des Gürtels faserartiger stark verdickter Zellen. Vergr. 1 : 50.

von ihnen getrennte Zwischengewebe, theils das innerhalb der Gefässbündel die Mitte des Stammes einnehmende Gewebe, das Mark, bildet.

Die Gefässbündel haben theils eine annähernd kreisförmige oder länglichrunde, theils eine völlig bandförmig gestreckte Gestalt.

Bei den baumartigen Farnkräutern nehmen die bandförmigen Bündel den äusseren Gefässbündelkreis ein, während nach Innen mehr unregelmässig zerstreut stehende kleine rundliche Bündel auftreten. Bei unseren einheimischen Adlerfarn dagegen stehen in dem unterirdischen Stamme die Bündel beider Arten ziemlich ohne bestimmte Ordnung in dem äusseren Kreise geordnet, während gegen die Mitte zwei entschieden bandförmige Bündel auftreten. Bei anderen Arten, wie Polypodium, Asplenium u. s. w., bilden kreisförmige Bündel nahezu geschlossene Kreise, bei noch anderen, wie Osmunda, Blechuum, erscheinen in den Rhizomen langgestreckte Bündel entweder als ein einziges oder zwei nach dem Umkreis gerückte Bänder. Bei den einheimischen Farn wird jedes Gefässbündel von einer bestimmt zu erkennenden inneren und einer schmäleren oder breiteren, aus abweichend gebildeten, meist ein- oder allseitig mehr oder minder verdickten und gelb oder braun gefärbten Zellen gebildeten, häufig nur in einem Theile des Umfanges entwickelten äusseren Gefässbündelscheide umgeben (Fig. 211 *XX*). Bei den Baumfarn wird die innere Gefässbündelscheide von einer breiten dünnwandigen Parenchymlage umgeben, in der einzelne weite, gestreckte, mit einem rothbraunen, harzartigen Stoffe erfüllte Zellen eingestreut erscheinen. Hierauf folgt ein vollständig geschlos-

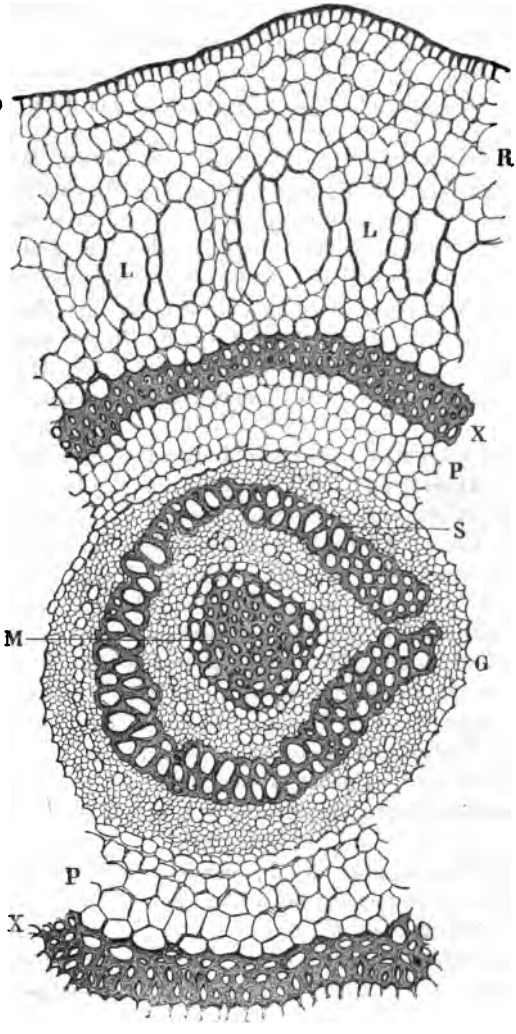
Digitized by Google

sener Hohlcylinder von stark verdickten, braun gefärbten, faserartigen Zellen (Fig. 212 *XX*). Ausserdem erscheinen sowohl bei den Baumfarn wie bei manchen krautartigen Farn derartige aus verdickten, faserartigen, gefärbten Zellen gebildete umfangreichere bandartige und feinere Stränge auch zerstreut in dem Parenchym zwischen den Gefässbündeln (Fig. 210 *S*).

Stengel der Rhizocarpeen.

Die oberirdischen Stengeltheile der Rhizocarpeen besitzen eine aus weiteren, meist nach Aussen stärker verdickten, die unterirdischen eine aus kleinen, nicht hervorstechend verdickten Zellen gebildete Oberhaut (Fig. 213 *O*). Unter dieser liegt das zartwandige, bald polyëdrische, bald rundliche Rindenparenchym, welches bei manchen Arten von Marsilea und bei Pilularia von zahlreichen Luftcanälen unterbrochen wird (Fig. 213 *R* u. *L*). Hierauf folgt ein schmaler Gewebering, der mit jenem einige Aehnlichkeit hat, welcher die Gefässbündel der tropischen Farnkräuter umgibt. Derselbe besteht nämlich aus in der äusseren Reihe sehr stark, fast bis zum Verschwinden des Lumens, in den inneren Reihen meist minder stark verdickten Zellen, welche bei den Frucht-

Fig. 213.



Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Marsilea sp. *O* Oberhaut, *R* von Luftgängen *L* durchbrochene Rinde, *XX* Theil des Rings verdickter Zellen, *PP* zartwandiges Parenchym, *S* theilweise zerrissene Gefässbündelscheide, *G* Gefässbündel, *M* centraler Strang verdickter Zellen (Mark). Vergr. 1 : 100.

Digitized by Google

stielen hellgelb, bei dem unterirdischen Stengel gelbbraun bis dunkelbraun gefärbt sind (Fig. 213 *X*). Innerhalb dieses Ringes tritt wieder ein mässig verdicktes, weitzelliges, stärkereiches Parenchym auf, dem einzelne, eine rothbraune Substanz enthaltende, durch ihre Form nicht weiter ausgezeichnete Zellen eingesprengt sind und welches nach Innen, an der Grenze des centralen Gefässbündels mit einem einreihigen Kranze engerer, bräunlichgefärbter, dünnwandiger Zellen der Gefässbündelscheide abschliesst (Fig. 213 *P* u. *S*). Im Fruchtstiel nimmt das seiner Gestalt und seinen Elementartheilen nach bereits weiter oben beschriebene doppeltsträngige Gefässbündel die Mitte ein, während bei dem unterirdischen Stengel von Marsilea innerhalb des Gefässbündels und durch eine Innenscheide von ihm getrennt ein centraler Strang sehr stark verdickter, braun oder gelb gefärbter faserartiger Zellen vorhanden ist (Fig. 213 *M*).

4. Stamm und Blüthenschaft der Monokotyledonen.

Der Stamm der krautartigen Monokotyledonen besitzt immer, jener der holzartigen wenigstens in der Jugend eine Epidermis, deren Zellen bei den Gräsern und Palmen eine grosse Menge von Kieselsäure enthalten und daher glasartig hart erscheinen, und unter der sich hier und da (Chamaedorea) stark verholzte und verdickte Rindenparenchymzellen einfinden (Fig. 215 *sp*). Bei den holzartigen und manchen krautartigen Monokotyledonen wird die Oberhaut in späterem Alter durch ein in den äusseren Rindenzellenreihen entstehendes Korkgewebe abgeworfen (Fig. 214 u. 217), so bei Dracaena, Yucca, Cordyline, Anthurium, Dieffenbachia, bei manchen Palmen.

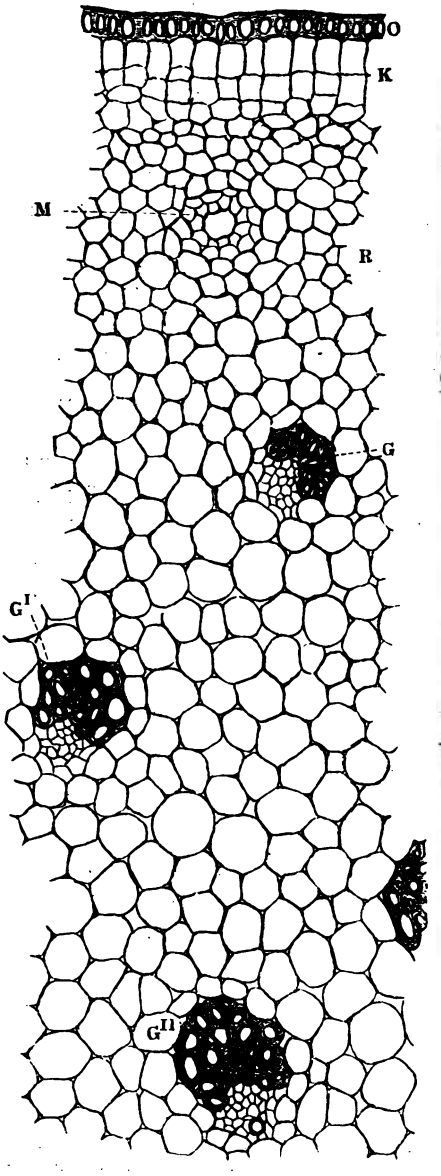
Die Rinde, welche in einzelnen Fällen von Luftlücken oder Luftgängen unterbrochen wird (Alisma) und bald nur in wenigen, etwa zwei bis sechs Reihen (Caladium, Saccharum, Arundo), bald in mächtigeren Lagen (Dracaena, Ruscus, Yucca, Aloe etc.) entwickelt ist, ist einfach, d. h. sie besteht nicht aus verschieden gebauten Lagen. Dieselbe wird von auf dem Querschnitte polygonalem oder rundlichem Parenchym gebildet, dessen Zellen meist nur mässig verdickt sind und in ihrer Längenausmessung verschiedentlich wechseln. Hier und da finden sich in der Rinde Gruppen oder Reihen verdickter cuboidischer Zellen, sogenannte Steinzellen (Fig. 215 *sp*), dann einzelne Bündel von Faserzellen, denen unter Umständen wohl auch Bastgefässe (Siebröhren) beigemengt erscheinen (Musa, Canna, Scindapsus etc.). Ebenso treten einzelne Milchsaftgefässe (Allium), sowie Milchsaftgänge (Anthurium [Fig. 214 *M*], Alisma) und Harzgänge (Aloe) auf.

Bei manchen Monokotyledonen geht das Rindengewebe unmerklich und allmälig in das allgemeine Stengelparenchym über, so bei Anthurium, Pothos etc. (Fig. 214). Bei anderen wird das Innere des Stengels von ihm durch einen Ring verholzten, langgestreckten, oft faserartigen Parenchyms, den sogenannten Verdickungsring (Fig. 215), geschieden, welcher bald nur

Digitized by Google

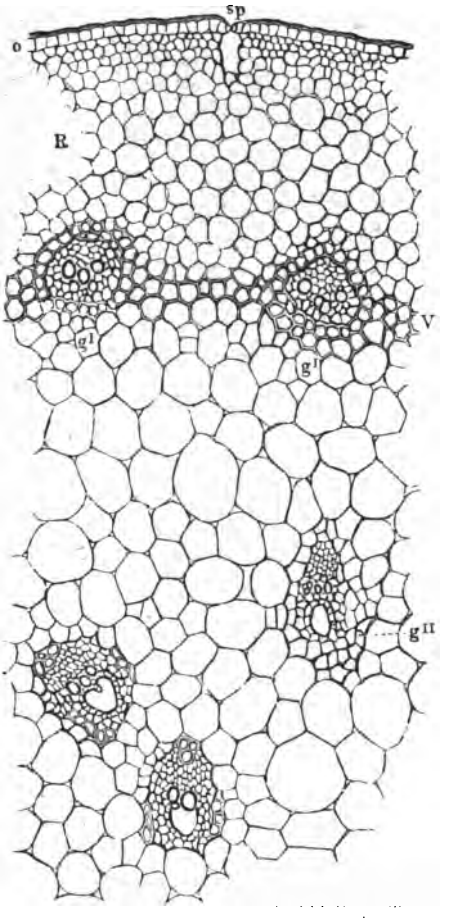
in einer bis zwei Reihen entwickelt ist (Tradescantia, Alpinia), bald eine bedeutendere Mächtigkeit besitzt (Aloe, Asparagus, Ruscus), und dann in

Fig. 214.



Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Pothos lucida. *O* Oberhaut, *K* Kork, *R* Rinde, *M* Milchsaftgang, G^I äussere, G^{II} innere Gefässbündel. Vergr. 1 : 120.

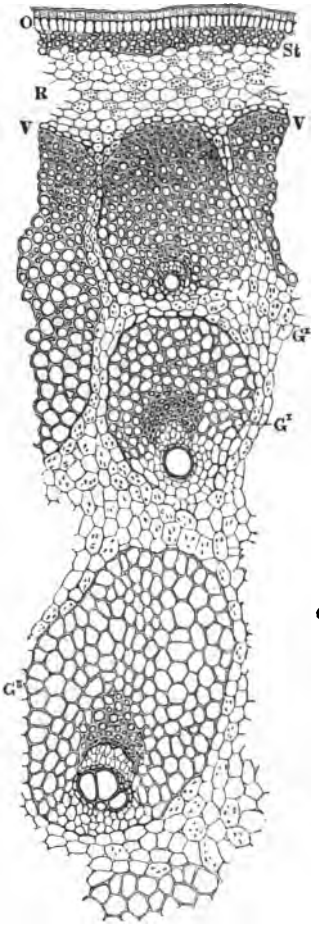
Fig. 215.



Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Tradescantia Selloi. *o* Oberhaut mit einer Spaltöffnung, *sp R* Rinde, *V* Verdickungsring mit den äusseren Gefässbündeln g^I; g^{II} innere Gefässbündel. Vergr. 1 : 75.

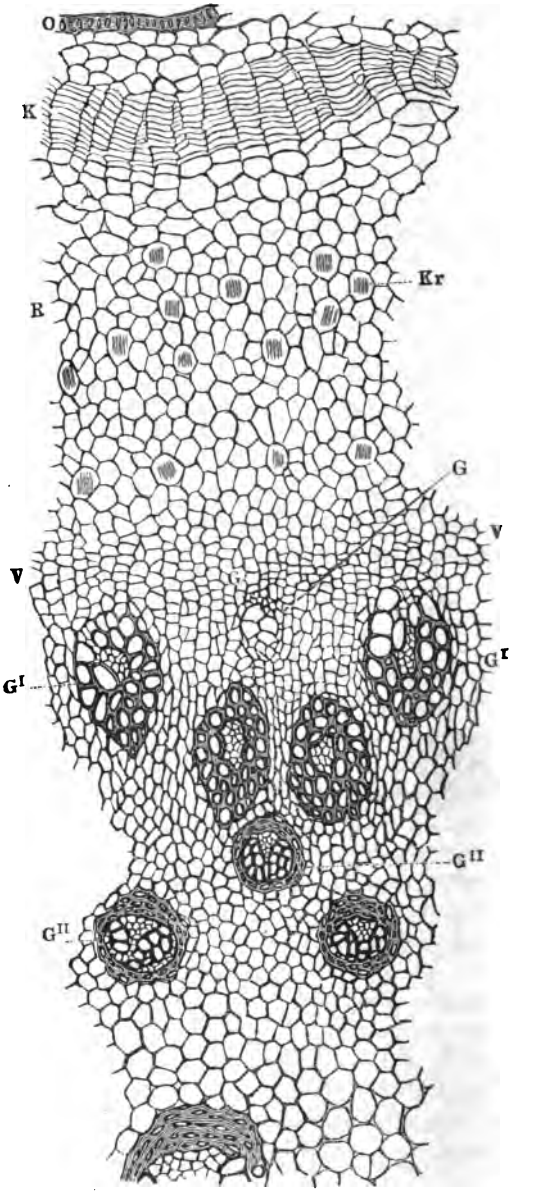
Digitized by Google

Fig. 216.



Theil eines Querschnittes durch den Stamm von Chamaedorea gracilis. *O* Oberhaut, *St* versetzte und verdickte Rindenparenchymzellen, *R* Rindengewebe, *V V* Verdickungsring mit Zwischengewebstrahlen und den äusseren Gefässbündeln, G^{I} G^{II} ein neues Gefässbündel. Vergr. 1 : 75.

Fig. 217.



Theil eines Querschnittes durch den Stamm von Dracaena Draco. *O* Oberhaut, *K* Kork, *R* Rindengewebe, *Kr* Krystallzellen, *V V* Verdickungsring, *G* ein neu entstandenes Gefässbündel, G^{I} äussere, gefässlose Gefässbündel, G^{II} innere Gefässbündel. Vergr. 1 : 75.

Digitized by Google

einzelnen Fällen durch von der Rinde ausgehende, abweichend gebaute, meist aus dünnwandigen isodiametrischen, porösen Zellen bestehende Parenchymstrahlen durchsetzt wird, welche sich weiter nach Innen mit dem Zwischengewebe der Gefässbündel vereinigen (Chamaedorea, Calamus, Geonema und wohl allen Palmen) und so gleichsam den Uebergang von dem zweiten zu dem ersten Fall vermitteln (Fig. 216 *V*). Dracaena und Yucca besitzen einen nicht verholzenden Verdickungsring, in dem nach Aussen sich noch längere Zeit hindurch neue bei aufmerksamer Beobachtung in allen Entwickelungsstadien aufzufindende Gefässbündel bilden (Fig. 217), welche zur Verdickung des Stammes beitragen. Alpinia nutans enthält in dem ausserhalb des geschlossenen und verholzten Verdickungsringes gelegenen, einen breiten Ring bildenden Parenchym zahlreiche, bis nahe unter die kleinzellige Oberhaut hinausrückende Gefässbündel, welche von den im Inneren gelegenen im Baue bedeutend abweichen.

Auf alle diese Verschiedenheiten ist bei einer vergleichenden Untersuchung Rücksicht zu nehmen. Ausserdem hat man dem Zellinhalte seine Aufmerksamknit zuzuwenden und namentlich auch darauf zu achten, ob sämmtliche Zellen der Rinde zu gewissen Zeiten Krystalle führen (Tradescantia, Comelina), oder ob sich nur einzelne krystallführende Zellen und in welcher Anordnung finden, endlich ob Krystalle verschiedener Form und in welcher Vertheilung (Tradescantia, Dracaena, Pandanus) dieselben angetroffen werden.

Die Gefässbündel, innerhalb deren sich, mit Ausnahme solcher Stengel, die im höheren Alter hohl werden, ein kaum als solches zu definirendes, nur unbedeutendes Mark findet, stehen vereinzelt innerhalb des allgemeinen wie jene aus dem Verdickungsringe hervorgegangenen, in manchen Fällen von mehr oder minder ausgedehnten Lufträumen unterbrochenen Stengelparenchyms, welches somit als Zwischengewebe aufzufassen ist, ohne eigentliche Bündelstrahlen zu bilden. In den äusseren, in der Regel innerhalb des Verdickungsringes gelegenen Gefässbündeln und den zunächst nach Innen folgenden macht sich eine kreisförmige Anordnung geltend; die weiter nach Innen gelegenen dagegen nehmen eine mehr unregelmässig zerstreute Stellung an.

Ueber den Bau der Gefässbündel ist weiter oben eingehend gehandelt worden, und ist auf diesen sowohl wie auf deren gegenseitige Stellung gegen- resp. deren Verbindung miteinander und mit den Blattorganen und die Structur des Zwischengewebes bei vergleichenden Untersuchungen vorzugsweise Rücksicht zu nehmen und das Auftreten von ausserhalb der Gefässbündel vorkommenden, eigenthümliche Säfte führende Behälter oder Krystalle enthaltenden Zellen zu beachten.

Um die Entwickelungsfolge der Gefässbündel und deren Verhältniss zu dem ganzen Aufbaue des Stammes zu studiren, ist das Seite 223 geschilderte Untersuchungsverfahren einzuschlagen, und sind vor Allem hierzu günstige Pflanzen auszuwählen, wie Asparagus, Ruscus, Smilax, viele Aroideen u. s. w.

Digitized by Google

5. Stamm der Dikotyledonen und Nadelhölzer.

In dem Stamme der genannten Gewächse tritt — selbst da, wo derselbe in seinem allgemeinen Baue, namentlich in der Anordnung der Gefassbündel, noch einige Aehnlichkeit mit jenem der Monokotyledonen zeigt — eine scharfe Trennung der verschiedenen Gewebe hervor, indem in der bei weitem grössten Zahl die Trennung von Aussen- und Innenrinde, Gefässbündel und Mark entschieden ausgesprochen erscheint.

Alle Dikotyledonen und Nadelhölzer besitzen in der Jugend eine wahre Epidermis mit Spaltöffnungen, welche oft schon im ersten Jahre, allein oder im Vereine mit einem Theile der Rinde und in manchen Fällen des Gefässbündels, durch die Bildung des Korkgewebes abgeworfen wird; hier und da aber auch bei Holzgewächsen sich lange Jahre, d. h. so lange erhält, als Stamm und Aeste die grüne Farbe behalten. Das Korkgewebe kann entweder in der Oberhaut selbst oder in der Rinde, und zwar in verschiedener Tiefe entstehen und je nach den verschiedenen Gattungen und Arten, bei denen es auftritt, eine verschiedene Structur beobachten lassen, worauf bei der Charakterisirung des histiologischen Baues bestimmter Pflanzen zu achten ist. Die hier in Betracht kommenden Verhältnisse sind bereits in dem vorhergehenden Abschnitte abgehandelt und brauche ich nur dahin zurückzuweisen.

Die Rinde — unter welcher ich nur den ausserhalb des Gefässbündels gelegenen Theil des Stengels verstehe, so dass die Unterscheidung in primäre und secundäre Rinde hinwegfällt — kann in verschieden mächtiger Masse entwickelt und in ihren inneren und äusseren Schichten nur aus gleichartigen oder auch, was häufiger ist, aus verschieden gebauten, in einen völlig geschlossenen Ring oder in einzelne, mehr oder minder ausgedehnte Bündel geordneten Zellen gebildet sein, so dass sich eine Aussen- und Innenrinde unterscheiden lässt. Ueber den Bau dieser beiden Rindenschichten ist bereits bei der Betrachtung der einfachen Gewebe gesprochen worden und sind dort auch alle jene Besonderheiten hervorgehoben, welche durch spätere Umbildungen von ursprünglichen Rindenparenchymzellen sowie durch das Auftreten von fremden Elementen, wie Bastfasern, Bast-, Milchsaftgefässen u. s. w., in der Innenrinde hervorgerufen worden und welche bei den einschlägigen Untersuchungen die Beachtung des Beobachters in Anspruch zu nehmen haben. Ausser diesen Punkten müssen die Vertheilung der verschiedenen Inhaltselemente: des Chlorophylls, des Stärkemehls, des Gerbstoffes u. s. w., das Vorkommen von eigenthümlichen Säften, Gummi, Oel, Milchsaft, Harz und der entsprechenden Behälter, der Krystalle, die Anordnung und der Bau der dieselben enthaltenden Zellen, die in einzelnen Gruppen, in senkrechten Reihen u. s. w. auftreten können, besonders ins Auge gefasst und die einschlägigen Beobachtungen durch die Anwendung der wesentliche Auf-

Digitized by Google

schlüsse gewährenden Reagentien, wohin namentlich das schwefelsaure Kupferoxyd in Verbindung mit Aetzkalilauge gehört, unterstützt werden.

Die Hauptpunkte, auf die es bei der Untersuchung von Oberhaut, Kork und Rinde ankommt, sind kurz zusammengefasst folgende:

1. Structur der Oberhaut und der dieselbe zusammensetzenden Zellen, nebst Bau, Vertheilung und Anordnung der Spaltöffnungen, sowie der etwa vorkommenden Anhangsorgane, Haare, Stacheln, Drüsen u. s. w.
2. Genaue Charakterisirung des Korkgewebes und Bestimmung des Ortes, wo dasselbe entsteht, sowie Feststellung derjenigen Theile, welche durch ihn von der Rinde oder dem Basttheile des Gefässbündels getrennt werden.
3. Das Fehlen oder Vorhandensein der deutlichen Trennung beider Rindenschichten und deren allgemeiner Bau. Dann:
4. Structur, Vertheilung und Zeit des Auftretens von den umgebildeten, ursprünglich normalen Elementarorganen, sowie von den fremden Gewebebestandtheilen.

Dass für die vollständige Darlegung dieser verschiedenen Verhältnisse nicht etwa Schnitte durch einen einzigen Alterszustand des Stammes einer vorliegenden Pflanze genügen, leuchtet ein. Es müssen vielmehr, da wenigstens einzelne derselben sich im Laufe des langjährigen Pflanzenlebens erst heranbilden oder ändern, Präparate aus den verschiedensten Altersstufen der Beobachtung unterworfen werden.

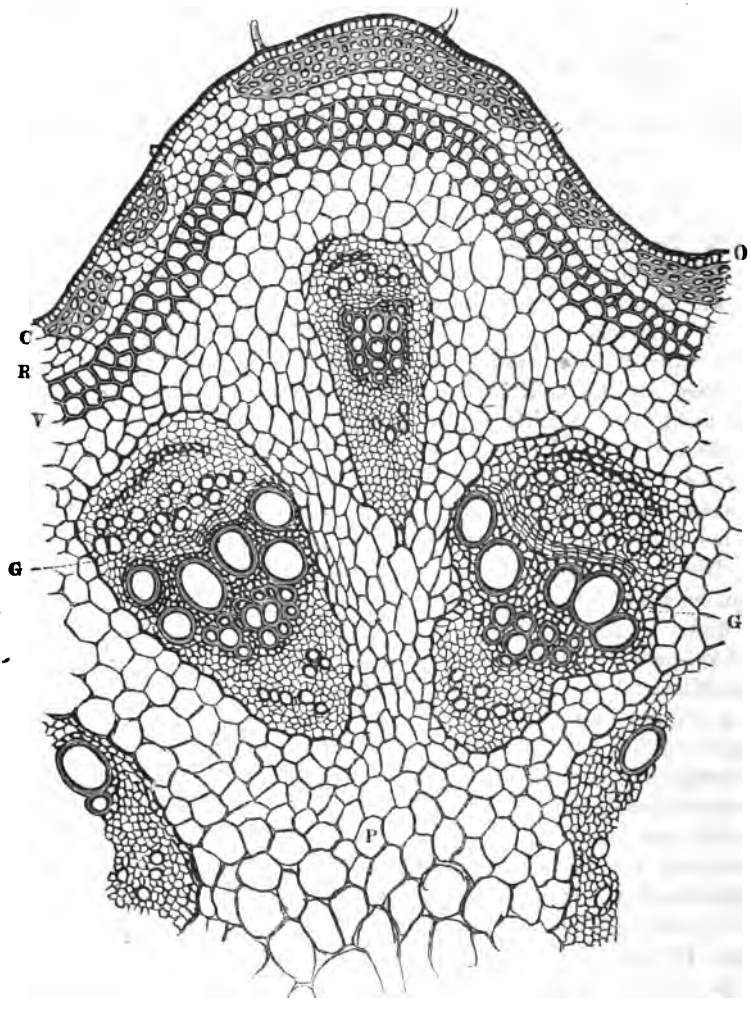
Die Gefässbündel liegen in den normal gebauten Stengeln und Stämmen entweder vereinzelt in dem von der Rinde umschlossenen, und von dieser in der Regel — wie bei den Monokotyledonen — durch einen geschlossenen Ring (Cucurbita, Bryonia, Ranunculus, Chelidonium etc.) von verdickten und verholzten mehr oder minder faserähnlichen Parenchymzellen (Fig. 217 *V*) getrennten Zwischengewebe, oder sie bilden einen von schmäleren Zwischengewebestreifen, den Markrinden- und Bündelstrahlen, durchsetzten zusammenhängenden Hohlcylinder (s. Fig. 139 S. 256). Zur Charakterisirung ihres Baues muss neben der Untersuchung über Bau, Anordnung und Inhalt der einzelnen Elementarorgane, welche an der Zusammensetzung von Bast- und Holztheil sich betheiligen, sowie über das Verhältniss des Zwischengewebes zu diesen (S. 256, 274), noch die Beobachtung jener Verhältnisse hinzutreten, welche sich im Laufe der Entwickelung heranbilden. Hierher gehört namentlich die Beachtung derjenigen Verschiedenheiten, welche sich in Folge der jährlichen Wachsthumsperioden einfinden und welche den Bau der einzelnen Jahresringe von Bast und Holz bedingen.

In dem Basttheile des Gefässbündels treten in dieser Beziehung mannigfache Verschiedenheiten auf. Manche Holzgewächse entwickeln nur im ersten Jahre Bastfaserbündel, während später nur noch die beiden anderen Elementartheile, Bastgefässe und Parenchym sich aus dem Cambium entwickeln, während zugleich im letzteren Quertheilungen und eine starke Verdickung und Verholzung der so entstandenen, häufig unregel-

Digitized by Google

mässig ineinandergeschobenen Zellen mitwirkten (Fagus, Betula, Platanus, Abies, Larix, Auracaria, wo neben regelmässig alljähriger Fortbildung des Bastes ein Theil des älteren Bastparenchyms eigenthümliche Umbildun-

Fig. 218.



Theil eines Querschnittes durch den Stengel von Bryonia alba. *O* Oberhaut, *C* Aussenrinde (Cellenchym), *R* Innenrinde, *V* verholzter Verdickungsring, *P* Stengelparenchym, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 80.

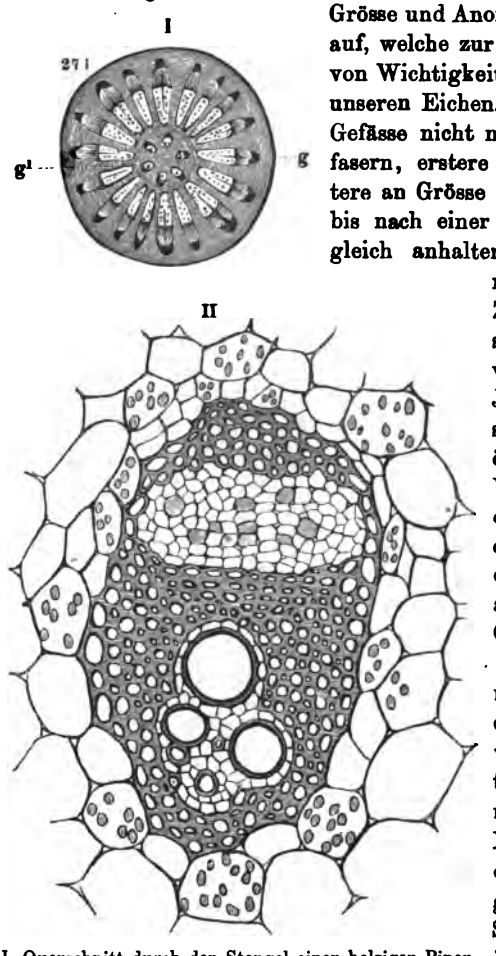
gen erleidet, aus denen die weiter oben erwähnte eigenthümlich verzweigte und verholzte Zellenform hervorgeht). Bei anderen entstehen alljährig alle drei Zellenarten des Bastes mit einer verschiedenartigen Anordnung der Bastfasern, welche in den späteren Jahresschichten bei Corylus, Aescu-

Digitized by Google

lus, Larix, Auracaria ohne bestimmte Ordnung nur in einzelnen Individuen oder Gruppen auftreten, bei den Cupressineen und Taxineen einfache, bei Tilia, Quercus, Populus, Liriodendron u. a. mehrreihige tangential geordnete Gruppen oder Bänder bilden.

In dem Holztheile sind es besonders die ersten Jahresringe, welche sich von den folgenden mehr gleichmässig gebauten unterscheiden. Namentlich unterscheidet sich der erste Jahresring durch das Vorhandensein der Spiralgefässe sowie durch die mehr gleichmässige Ausbildung aller Theile von allen folgenden. In ihm, wie in den zunächst älteren, treten aber ausserdem noch Verschiedenheiten in Bezug auf die Grösse und Anordnung der Elementarorgane auf, welche zur Charakterisirung des Holzes von Wichtigkeit sind. So nehmen z. B. bei unseren Eichen, Buchen, Eschen u. s. w. die Gefässe nicht nur, sondern auch die Holzfasern, erstere namentlich an Grösse, letztere an Grösse und Stärke der Zellhülle zu, bis nach einer gewissen Reihe von Jahren gleich anhaltende Ausmessungen erscheinen. Wo die verschiedenen Zellenformen eine genau bestimmte Anordnung in den verschiedenen Theilen des Jahresringes beobachten lassen, wie das weiter oben erörtert wurde, da tritt dieses Verhältniss in dem ersten oder den paar ersten Jahresringen entweder ganz zurück oder doch nur in verhüllter Weise auf (Quercus, Robinia, Catalpa Caesalpinia, Tilia u. s. w.).

Fig. 219.



I. Querschnitt durch den Stengel einer holzigen Piperat; *G* normale Gefässbündel, G^1 isolirte Gefässbündel im Marke. Vergr. 1 : 5. — II. Desgleichen durch eines der letzteren Gefässbündel. Vergr. 1 : 150.

Innerhalb des geschlossenen Gefässbündelkreises finden sich isolirte markständige vollständige, mit dem Basttheile nach der Rindenseite, mit dem Holztheile nach dem Marke gewendete Gefässbündel — über die markständigen Bastbündel wurde schon S. 145 u. 252 gesprochen — in den Familien der Piperaceen, Begoniaceen, sowie (nach Sanio) bei den Umbelliferen,

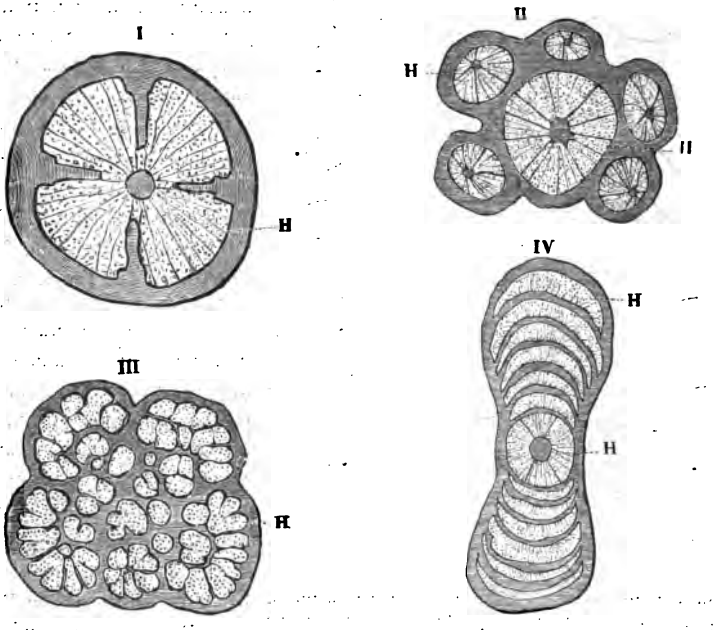
Digitized by Google

Araliaceen und Melastomaceen (Fig. 219 I. u. II.), während bei Tecoma radicans ein innerhalb der Markscheide gelegener Cambiumring nach Aussen hin die Elemente des Holzes, nach dem Centrum des Stammes aber die Elemente des Bastes erzeugt.

Inwieweit gleiche oder ähnliche Structurverhältnisse auch bei noch anderen Familien auftreten, muss die vergleichende Histiologie zu ermitteln suchen und möchte bei derartigen Untersuchungen nicht zu unterlassen sein, besonders hierauf zu achten.

Einen völlig abnormen Bau zeigen die Stämme der tropischen Schlingpflanzen, der Bignonien, Sapindaceen, Menispermeen, mancher Ipomaeen etc., wo der Holztheil des Gefässbündels in wunderlicher Weise bald mehr, bald weniger mittelst Bastringen oder Bastblättern, hier und da wohl auch mittelst Rindengewebes zerklüftet erscheint (Fig. 220 I.), oder mehrere ein mehr oder minder excentrisches Mark einschliessende, durch Bast und Rindenparenchym voneinander getrennte Holzkörper den Stamm bilden (Fig. 220 II. bis IV.). Hier muss über das Verhältniss dieser verschiedenen Gewebetheile zueinander die Entwicklungsgeschichte die Daten zum richtigen Verständniss an die Hand geben. Ich beschränke mich daher darauf, einige die Haupttypen dieser Abnormitäten wiedergebende Abbildungen anzufügen und das Studium der Heranbildung dieser Abnormitäten allen denen zu empfehlen, denen das Material hierzu erreichbar ist.

Fig. 220.

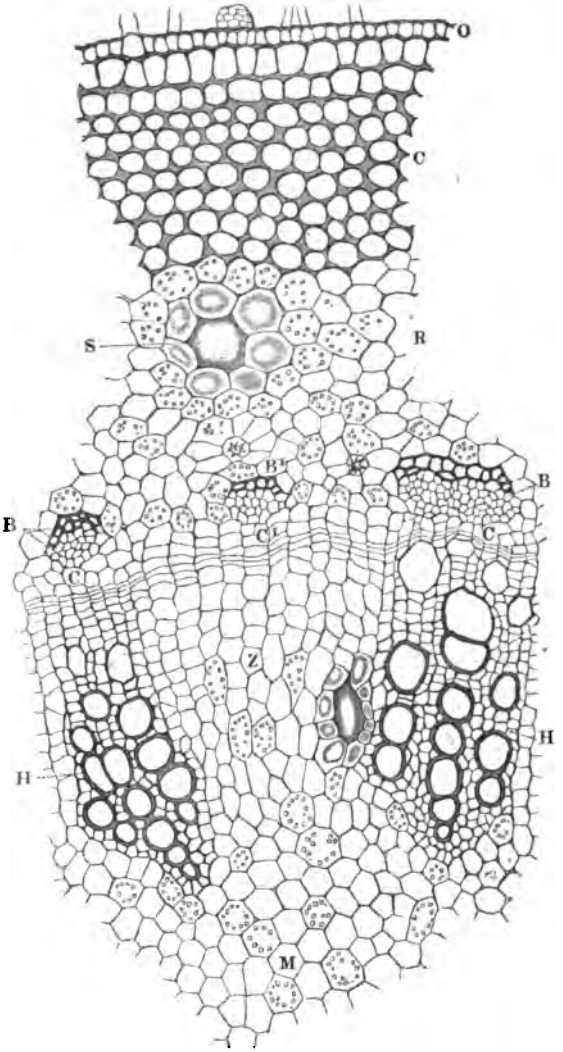


Querschnitt des Stammes: I. von Bignonia, II. von Serjania, III. von Ipomaea, IV. von Caulotretus.

Digitized by Google

Das Mark nimmt den mittleren Theil des Stammes ein und erscheint nur bei ungleichseitigem, durch äussere Einflüsse bedingtem, oder bei in gewissen Organisationstypen (s. o.) begründetem Wachsthum mehr oder minder excentrisch. Dasselbe besteht, wie wir bereits früher gesehen haben, aus Parenchym, welches in der Regel nur geringe secundäre Verdickungsschichten beobachten lässt, bei manchen Pflanzen aber auch stärker verdickt erscheint. Die Gesichtspunkte, welche bei der Untersuchung dieses Stammtheiles maassgebend sind, wurden bereits weiter oben eingehender behandelt; hier bleibt nur noch zu erwähnen, dass in einzelnen Fällen ein Theil des Markes resorbirt wird, wodurch die einschlägigen Pflanzen einen hohlen Stengel oder Stamm erhalten (Clematis, Ceratophyllum, Scorzonera, Sonchus u. s. w.).

Fig. 221.



Querschnitt durch ein junges Internodium von Boehmera argentea. *O* Oberhaut, *Co* Collenchym, *R* Innenrinde, *S* Saftgang, *C* Cambium der Gefässbündel, C^I aus dem Verdickungsring später entstandenes Cambium, *B* Bastheil, *H* Holztheil der primären Gefässbündel, B^I der aus dem Zwischencambium entstandene Bast, *Z* Zwischengewebe, *M* Mark. Vergr. 1 : 120.

Rinde und Mark gehen direct aus dem Urparenchym des Vegetationskegels hervor. Das Korkgewebe bildet sich aus einem in der Rinde erst später sich entwickelnden Bildungsgewebe. Die Gefässbündel sammt dem Zwischengewebe nehmen ihren Ursprung in einem aus dem Urparenchym durch Zellentheilung sich entwickelnden Bildungsgewebe, dem Verdickungs-

Digitized by Google

ringe, in dem sich durch vorwiegende Längstheilung zunächst einzelne getrennte Gruppen von Cambiumzellen heranbilden, denen ihrerseits die Gefässbündelelemente ihr Entstehen verdanken. Je nachdem nun das Cambium auf diese einzelne Bündel mit beschränktem Wachsthum beschränkt bleibt und die übrigen Zellen des Verdickungsringes nur parenchymatische Zellen bilden, welche am Schlusse der Vegetationsperiode verholzen, oder die durch tangentiale Theilungen vermittelte Umbildung des Verdickungsringes sich über weitere Grenzen erstreckt, so dass der grössere Theil desselben in gefässbündelbildendes Gewebe umgewandelt und ein mit dem Cambium der ursprünglichen Gefässbündel in seitliche Verbindung tretender Cambiumring erzeugt wird, der nach der Rindenseite hin die Elemente des Bastes, nach der Markseite hin die Elemente des Holzes und nur an mehr oder minder beschränkten Stellen Zwischengewebe erzeugt, erscheinen isolirte und geschlossene Gefässbündel oder ein fortbildungsfähiger stammverdickender Gefässbündelring (Fig. 221 *C*, *C*^{1}, *C*).

Zur Verfolgung der Entwickelungsgeschichte dieser Organisationsverhältnisse wähle man theils Pflanzen mit gegenständigen, theils solche mit wechselständigen Blättern, und versäume dabei nicht, an passend hergerichteten Präparaten, d. h. an Längsschnitten, von entsprechender Dicke, welche oft geradezu aus den Hälften der betreffenden Internodien bestehen und eventuell durch Behandlung mit Aetzkalilösung durchsichtig gemacht werden können, den Verlauf und die Verbindung der Gefässbündel untereinander von ihrem frühesten Auftreten an zu studiren.

II. Die Wurzel.

1. Wurzel der Kryptogamen.

Die ächte Wurzel erscheint erst bei den Gefässkryptogamen. In den niederen Classen der Sporenpflanzen treten an deren Stelle einzellige Wurzelhaare, welche von einzelnen Zellen der Oberhaut des Lagers der Flechten oder des Stengels der Laub- und Lebermoose ausgehen.

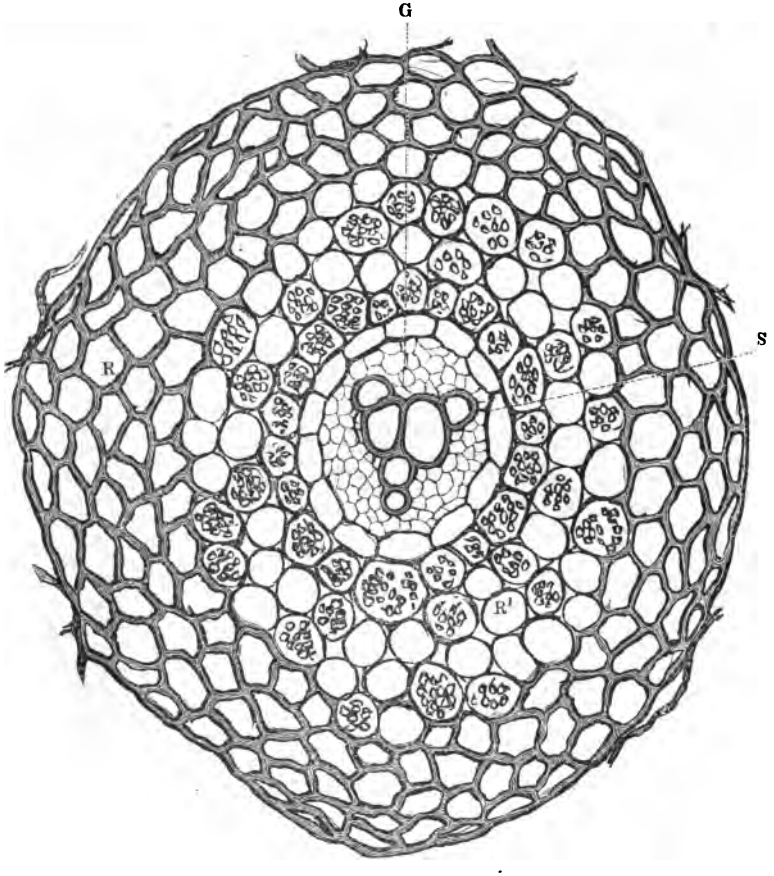
Im Allgemeinen zeigt der histiologische Bau der Kryptogamenwurzel eine ziemliche Uebereinstimmung und treffen die Verschiedenheiten meistens die Wurzelrinde.

Wurzel der Schachtelhalme (Fig. 222). — Die Wurzel der Schachtelhalme besitzt eine mit zahlreichen braungefärbten Wurzelhaaren versehene, aus dünnwandigen, braun gefärbten, vertrocknenden Zellen bestehende Oberhaut, welcher, wie der Wurzeloberhaut überhaupt, die Spaltöffnungen abgehen. Unter der Oberhaut, die im höheren Alter oft zerstört wird, liegen mehrere Reihen in der Regel etwas stärker verdickter, dunkelbraun gefärbter Parenchymzellen, von denen die äusseren

Digitized by Google

inhaltleer sind, die inneren aber Stärkemehl führen und in das weniger oder nicht gefärbte zartwandigere, stärkemehlreiche Innenparenchym übergehen. Auf diese Weise erscheint das Rindengewebe in Aussen- und Innenrinde geschieden. Das Gefässbündel nimmt die Mitte der Wurzel ein und besteht entweder aus einem oder mehreren Spiralgefässen, von denen die inneren eine bedeutendere Weite erreichen. Ausser diesen

Fig. 222.



Querschnitt durch die Wurzel von Equisetum limosum. *G* Gefässbündel, *S* Gefässbündelscheide, *R* Aussenrinde, R^1 Innenrinde. Vergr. 1 : 200.

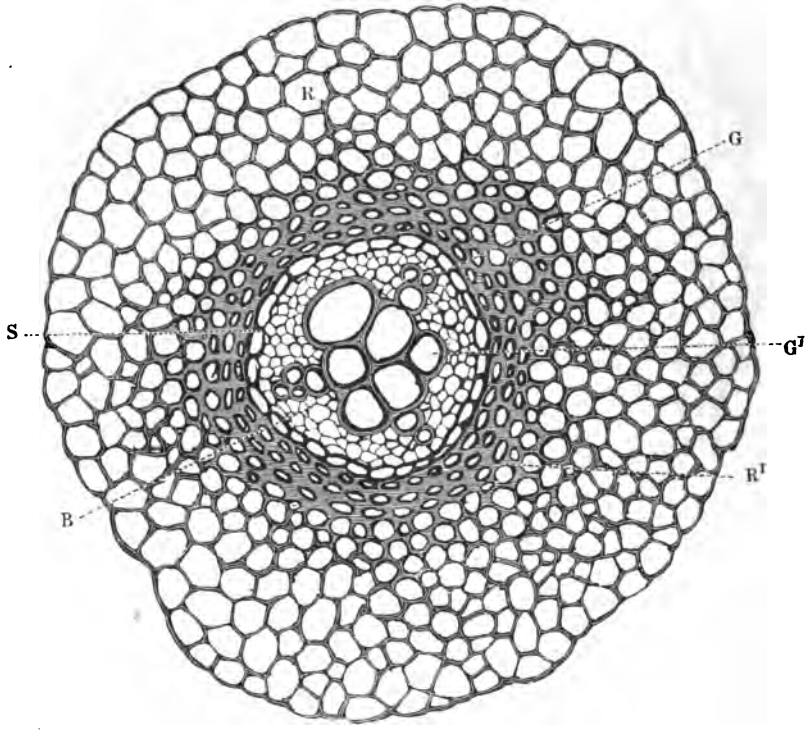
Elementen erscheinen in deren Umgebung noch zartwandigere Zellen von kleinerem Lumen als die Rindenzellen, aber unter sich an Weite verschieden. Letztere sind die Elemente des Bastes und es lassen sich dieselben als Parenchymzellen und Baströhrenzellen (Siebröhren) unterscheiden. Von dem Rindenparenchym wird das Gefässbündel durch eine Lage tangential etwas gestreckter Zellen geschieden, welche die Bündelscheide bildet.

Digitized by Google

Wurzel der Bärlappgewächse. — Die Wurzel dieser Pflanzenclasse, in der sich zwei verschiedene Rindenparenchymschichten als Aussen- und Innenrinde darstellen, besitzt gleich dem Stengel ein centrales nur aus wenigen Gefässen, Bastparenchymzellen und Bastgefässen gebildetes Gefässbündel, das nächst der Gefässbündelscheide unmittelbar von dem zartwandigen, kleinzelligen Rindenparenchym umschlossen wird, dem also die entweder aus dickwandigen Zellen, oder aus einem lockeren Schwammgewebe bestehende äussere Bündelscheide abgeht. Die Oberhaut entsendet hier ebenfalls Wurzelhaare, welche ungefärbt sind und eine zartwandige Beschaffenheit besitzen.

Wurzel der Farrnkräuter (Fig. 223). — Die Oberhaut ist hier theils einreihig, theils über den ganzen Umfang oder nur an einzelnen Stellen

Fig. 223.



Querschnitt durch eine Wurzel von Alsophila australis. *G* Spiralgefässe, G^1 weite Treppengefässe, *B* Basttheil des Gefässbündels, *S* Gefässbündelscheide, *R* Aussenrinde, R^1 Innenrinde. Vergr. 1 : 200.

mehrreihig und besteht aus dünnwandigen, braungefärbten Zellen. Dieselbe besitzt zahlreiche, derbwandige, mehr oder minder dunkelgelb bis

Digitized by Google

braun gefärbte Wurzelhaare. Die Rinde ist bei verschiedenen Gattungen und Arten verschieden gebaut, zeigt aber im Allgemeinen drei Typen. Es treten nämlich entweder, wie bei Cyathea, Balantium, unter der Oberhaut mehrere Reihen von mehr oder minder dickwandigen, faserartigen, gefärbten und dann in der Nähe des Gefässbündels von dünnwandigen, häufig gefärbten Parenchymzellen auf, oder es folgen auf wenige Reihen eines dünnwandigen gefärbten Parenchyms mehre concentrische Lagen dickwandiger faserartiger Zellen, welche das Gefässbündel einschliessen (Alsophila Aspidium, Polypodium, Fig. 223), oder endlich es ist das ganze Gewebe nur aus dünnwandigen Zellen gebildet, welche hier und da bis in die unmittelbare Umgebung des Gefässbündels dunkelbraun gefärbte Wände besitzen (Asplenium Trichomanes, Blechnum brassiliense etc.). Das Gefässbündel nimmt die Mitte der Wurzel ein und wird von einer deutlich erkennbaren Gefässbündelscheide umgeben. Dasselbe besteht aus nur wenigen, 3 bis 10 Gefässzellen, welche ihrerseits von dem aus im Winter reichlich Stärke führenden Parenchymzellen und eine nur wenig trübe Flüssigkeit enthaltendenden Bastgefässen bestehenden Basttheile umgeben werden.

Wurzel der Rhizocarpeen. — Die Wurzel der Rhizocarpeen besitzt eine grosszellige, leicht vertrocknende und zerreissende, hellgelbe Wurzelhaare aussendende Oberhaut. Unter dieser treten eine bis wenige Reihen mässig verdickter, braun gefärbter Parenchymzellen mit kleinem Lumen auf, welche dann mehr allmälig oder mehr plötzlich in einen mehrreihigen Hohlcylinder von stark verdickten, braun gefärbten Zellen übergehen. Letzterer umschliesst das, von ihm durch eine zarte Bündelscheide getrennte, centrale Gefässbündel, welches aus einem oder zwei grösseren und einigen diesen zur Seite gestellten Gefässzellen und einem peripherischen Basttheile besteht.

Im Allgemeinen betrachtet ergibt sich nur für die Schachtelhalme und Farrenkräuter ein grösserer Unterschied zwischen dem Baue des Stengels und der Wurzel zu erkennen, indem dort mehrere zerstreute, hier nur ein einziges centrales, bei den Schachtelhalmen ausserdem des Luftganges ermangelndes Gefässbündel auftreten. Bei den Bärlappen und Rhizocarpeen dagegen ist die Stellung der Gefässbündel in Stengel und Wurzel die gleiche, und es unterscheiden sich dieselben nur in der Form. Hier bilden nämlich die Gefässe überall einen ununterbrochenen Strang, während sie dort bei den ersteren in mehrere Bänder oder Gruppen geordnet sind, bei den anderen in einem nicht völlig geschlossenen, ein Mark umschliessenden Cylinder (im Stengel) oder in zweien, mit der convexen Seite einander zugekehrten, Bogen (im Fruchtstiel) beisammenstehen.

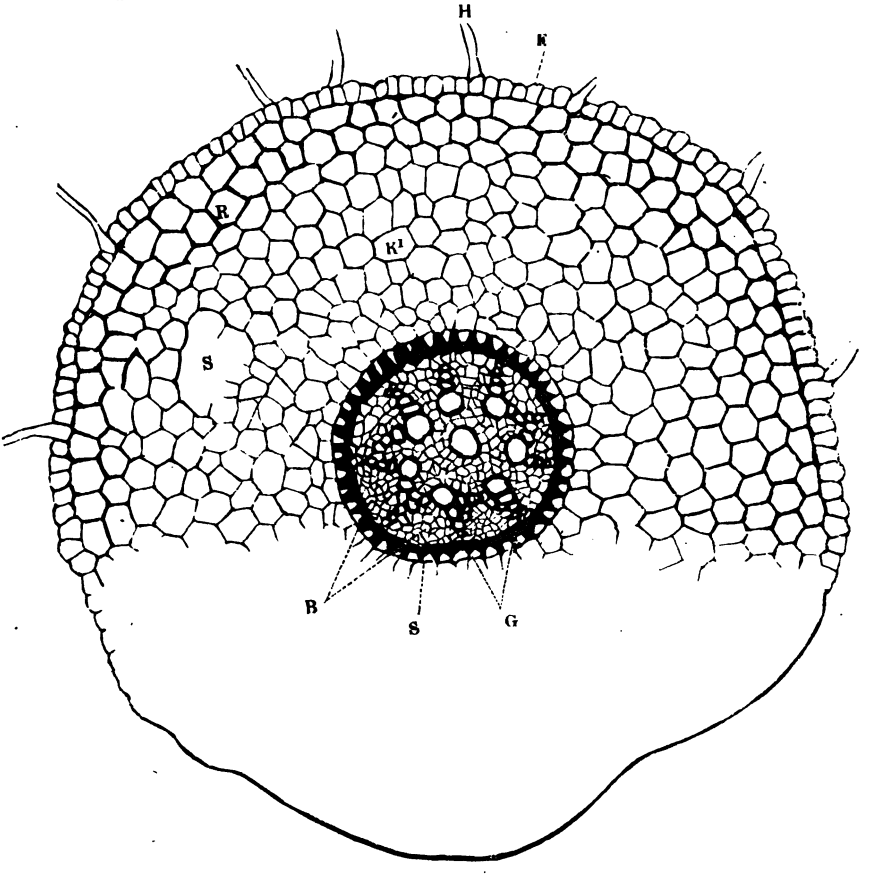
Die Entwicklungsgeschichte sowohl wie die Betrachtung des fertigen Organs gewähren die Ueberzeugung, dass die Entwicklungsfolge der Gefässe sämmtlicher Gefässkryptogamen eine von einigen (zwei bis vier) Punkten aus beginnende (siehe Fig. 223) centripetal fortschreitende ist.

Digitized by Google

2. Wurzel der Monokotyledonen.

Die Oberhaut der monokotyledonen Wurzel besteht theils aus einseitig (Gräser etc.), theils aus gleichmässig verdickten Zellen. Sie treibt meist zahlreiche Wurzelhaare und wird oft im späteren Alter durch Korkbildung abgeworfen.

Fig. 224.



Querschnitt durch eine dünne Wurzel von Iris florentina. *E* Epiblema, *H* Haare desselben, *R* Aussenrinde, R^I Innenrinde hier und da mit Luftlücken, *S S* Gefässbündelscheide, *G* Gefässe, *B* Bastgruppe. Vergr. 1 : 100.

Die Rinde bildet eine ziemlich mächtige Lage des Organes. Sie besteht aus dünnwandigem Parenchym, dessen Zellen entweder sämmtlich polygonal bis rundlich gestaltet sind (Smilax), oder in den äusseren Schichten eine polygonale, in den inneren aber eine rechteckige bis

Digitized by Google

quadratische Form (Anthurium, Musa u. s. w.) besitzen. Die Scheidung in Aussenrinde tritt in den meisten Fällen deutlich hervor. Nur hier und da, z. B. bei Anthurium, finden sich in diesem Gewebe mehr oder minder zahlreiche Bastbündel ein, bei denen einige der zartwandigen Elemente oder ein von kleinen Parenchymzellen umgebener Milchsaftgang von einem Kreise von Fasern eingeschlossen werden. Innerhalb der Rinde tritt bei jenen Pflanzen mit gleichartiger Rinde eine aus abweichend gebauten, entweder nicht verdickten (Orchideen, Luftwurzeln) oder einseitig (Dracaena, Iris) bis allseitig verdickten (Smilax, Palmen), verholzten und gestreckten, die durch Caspary bekannt gemachte Streifung (durch Faltung) auf den tangentialen Seitenwänden zeigenden Zellen gebildete Gefässbündelscheide auf (Fig. 224 *S*), unter der sich noch hier und da (Iris, Smilax, Luftwurzel der Orchideen) eine oder einige Reihen dünnwandigen Parenchyms einfinden. Wo die inneren Rindenlagen den oben beschriebenen abweichenden Bau beobachten lassen, da fehlt die scharfe Ausprägung der Scheide und dürfte vielleicht jene als deren Ersatz zu betrachten sein.

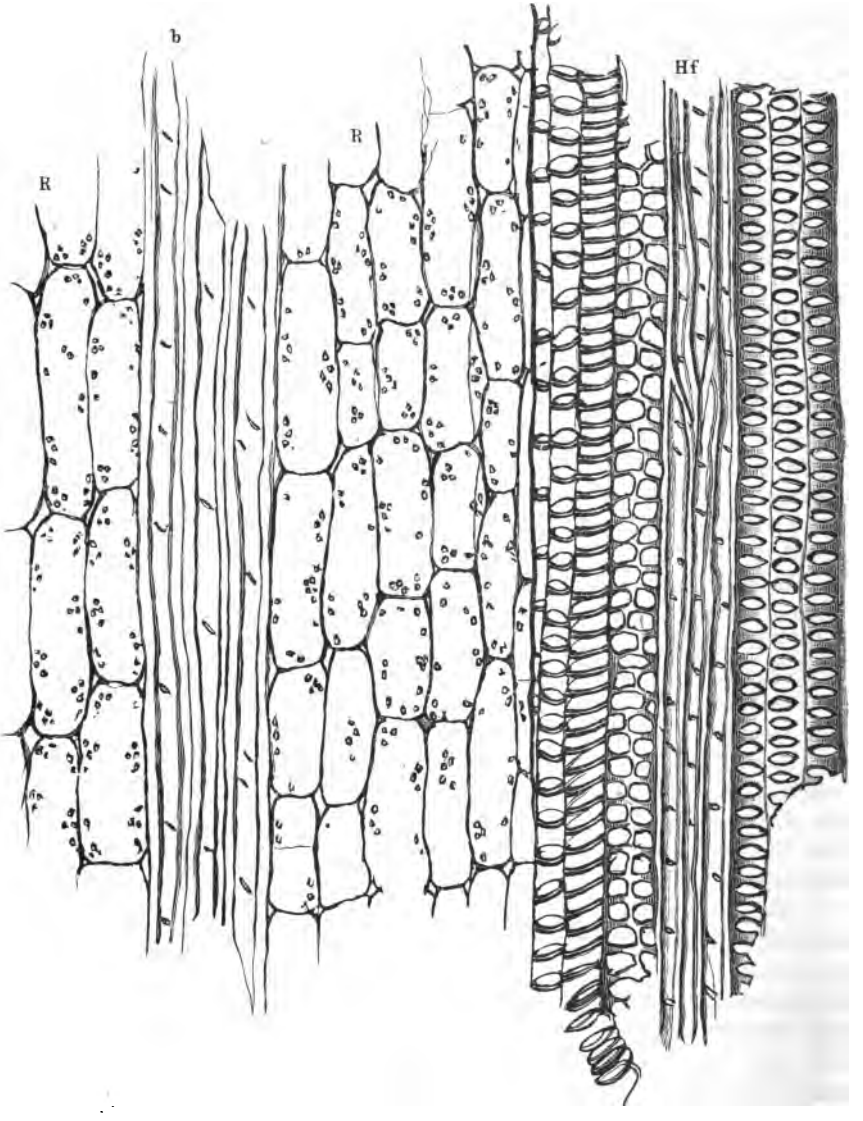
Das Gefässbündel bildet, soweit meine Erfahrungen reichen, bei den Monokotyledonen immer einen geschlossenen, ein in geringerer oder bedeutenderer Ausdehnung entwickeltes Mark einschliessenden Hohlcylinder, der nur an seiner inneren Seite mehr oder weniger tief von Zwischengewebe durchsetzt wird (Fig. 224). Die Gefässe stehen in mehr oder minder regelmässig radial geordneten, hier und da an ihrem Ende gabelförmig getheilte Reihen. Dieselben sind am weitesten nach Innen porös oder auch netzförmig verdickt und werden von den faserigen Elementen des Holzkörpers voneinander getrennt. Nach Aussen werden sie enger, besitzen mehr oder minder stark in die Quere gezogene, behöfte Poren oder Netzmaschen und gehen endlich an der äussersten Grenze in sehr enge Spiral- und Ringgefässe über (Fig. 224). Zwischen je zweien der Gefässreihen tritt je ein Bastbündel auf, welches nach Innen aus weiten mit wenigen Parenchymzellen untermischten Bastgefässen, nach Aussen aus engen Parenchymzellen und engen Bastgefässen zusammengesetzt erscheint, an der äussersten Grenze des Bastbündels treten auch hier und da (Luftwurzeln der Aroideen) einzelne Bastfasern auf (Fig. 225 *b* a. f. S.). Die Entwicklungsfolge der Gefässe ist hier, wie aus dem eben Gesagten hervorgeht, gleichfalls eine centripetale.

Bei einer vergleichenden Untersuchung des Wurzelbaues der Monokotyledonen hat man sein Hauptaugenmerk auf die Structur der Rinde zu richten, und zu erforschen, ob deren Gewebe aus gleichartig oder verschiedenartig gebauten Parenchymzellen besteht, ob darin Bastbündel, Behälter eigenthümlicher Säfte u. s. w. auftreten oder nicht. Ebenso hat man das Vorhandensein oder Fehlen einer aus abweichend gebauten Zellen bestehenden verholzten Gefässbündelscheide zu ermitteln und den Bau der sie zusammensetzenden Zellen zu studiren. Für das Gefässbündel endlich sind die Anordnung der Gefässe und der Bastbündel sowie die Verdickungsweise der einzelnen an seiner Zusammensetzung

Digitized by Google

theilnehmenden Elemente zu constatiren. Quer- und Längsschnitte in Verbindung mit der Beobachtung von den einzelnen durch Maceration isolirten Zellenformen werden hier die erforderlichen Aufschlüsse gewähren.

Fig. 225.



Längsschnitt aus der Wurzel von Pothos spei. *R R* Rindenparenchym, *b* Bündel von Bastfasern. *Hf* Holzfasern. Vergr. 1 : 200.

Digitized by Google

3. Wurzel der Dikotyledonen.

Die Oberhaut, welche hier anfänglich immer vorhanden und aus zartwandigen Zellen gebildet ist, wird schon ziemlich bald durch Korkbildung abgeworfen, welche im Ganzen mit dem gleichen Processe im Stamm übereinstimmt. Die Rinde zeigt gleichfalls in ihrem Bau viele Aehnlicheit mit dem des Stammes. Manchmal lässt sich eine äussere dem Callenchym dieses letzteren ähnliche und eine innere aus dünnwandigen, auf dem Querschnitt rundlichen, einen grossen Intercellularraum zwischen sich lassenden oder aus polygonalen Zellen bestehende Schicht beobachten, während in anderen Fällen das ganze Gewebe mehr gleichmässig ausgebildet ist. Wo der Stengel fremde Elemente, Bastfasern, Milchsaftgefässe, Oel-, Gummi- oder Harzgänge in der Rinde aufgenommen hat, da treten dieselben in der Regel auch in der Rinde auf. So bei den Cichoriaceen, den Umbelliferen, den Nadelhölzern, Cykadeen. Auch die Inhaltselemente bleiben im Grossen und Allgemeinen dieselben.

Das Mark ist in jüngeren Zuständen immer vorhanden und erhält sich bei manchen, namentlich den Holzgewächsen, auch im höheren Alter. Dasselbe ist indessen in letzterem Falle immer nur in verhältnissmässig geringer Masse entwickelt und besitzt meist eine von der des Stengelmarkkörpers abweichende, oft bandartige oder unregelmässige Gestalt. Bei anderen, namentlich krautartigen Gewächsen verschwindet das Mark ziemlich früh und wird vermöge eines eigenthümlichen, weiter unten näher zu betrachtenden, Wachsthumsprocesses der Gefässbündel durch die Elemente des letzteren verdrängt.

Auch hier findet sich bei gewissen Pflanzen (Ranunculus, Achillea und anderen) zwischen der Rinde ein Ring von abweichend gebauten, seltener stark verdickten, auf den radialen Wandungen die dunkeln Streifen zeigenden Zellen, die Gefässbündelscheide (Fig. 228 u. 229), ein, über dessen Verbreitung es noch ausgedehnterer Untersuchungen bedarf.

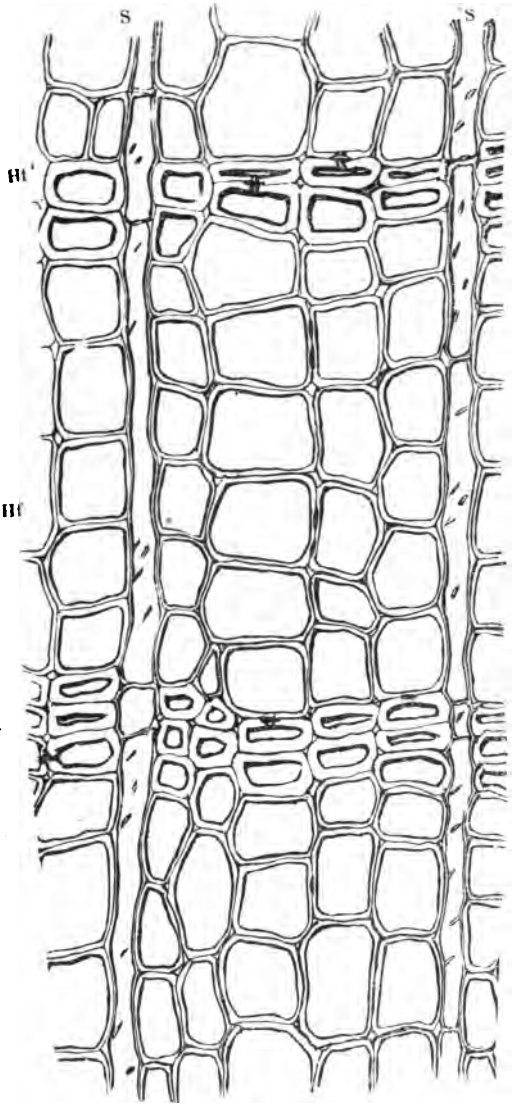
Bei denjenigen Dikotyledonen, welche im Stamm getrennte Gefässbündel besitzen, zeigen die Gefässbündel eine ganz ähnliche Anordnung, wie bei den Monokotyledonen, d. h. es bilden die Gefässe radiale Reihen, zwischen denen das Bastbündel gelagert erscheint (Fig. 229).

Bei den übrigen zweisamenlappigen Gewächsen, namentlich bei den Holzarten, schliessen die Gefässbündel dagegen zu einem geschlossenen Ringe zusammen, der im Ganzen den gleichen Bau zeigt wie im Stamme. Die Unterschiede, welche hier auftreten, bestehen darin, dass zunächst die Elementarorgane sowohl des Holz- wie des Basttheiles an Weite des Lumens den gleichen Zellenarten im Stengel in der Regel weit überlegen sind (Fig. 226 a. f. S.). Ferner werden die Jahresringe, welche sich ausserdem hier oft einseitig an Breite vermindern, im Durchmesser namentlich der jungen Wurzeltheile weit schmäler als die des Stammes. Daraus

Digitized by Google

aber ergibt sich eine abweichende Entwickelung in deren einzelnen Theilen, so dass namentlich der äussere oder auch dieser und der mittlere

Fig. 226.



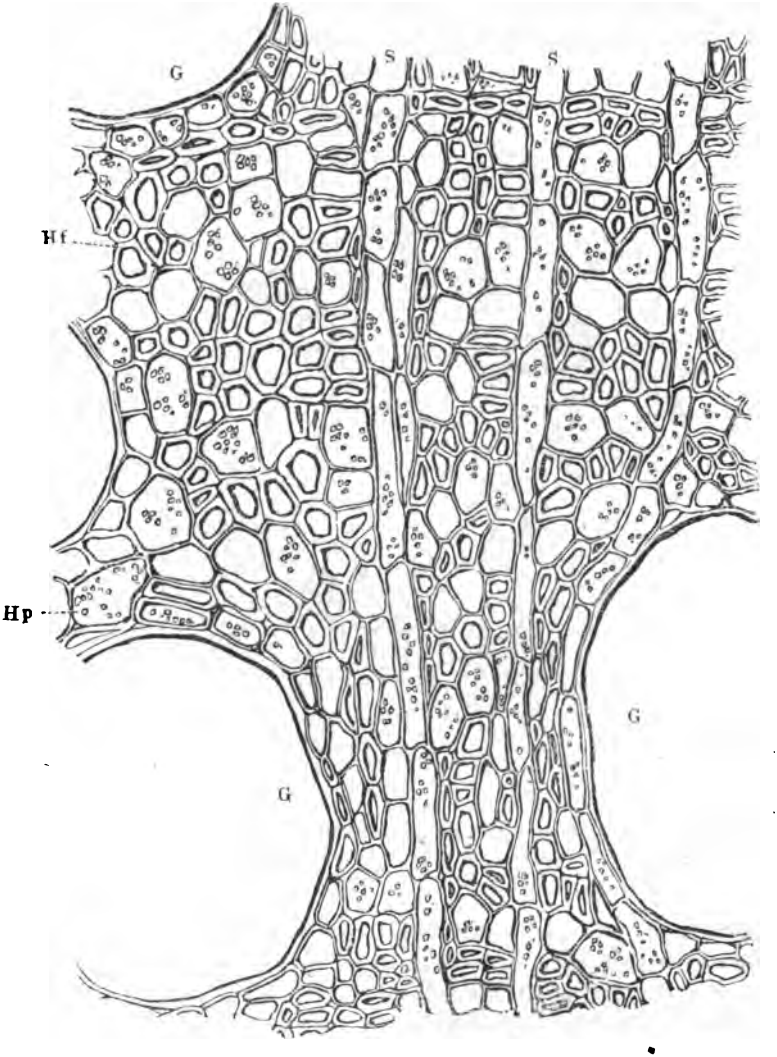
Querschnitt durch das Wurzelholz von Abies pectinata an einer Stelle mit mittelbreiten Jahresringen. *SS* Bündelstrahlen, *Hf* Frühlingsholz, *Hf*^{1} Herbstholz. Vergr. 1 : 180.

Theil ganz oder nahezu wegfallen, während der innere Theil, das sogenannte Frühlingsholz, vorzugsweise und allein ausgebildet erscheint,

Digitized by Google

womit denn auch natürlich eine Aenderung in den relativen Zahlen- und Stellungsverhältnissen der verschiedenen an der Zusammensetzung theilnehmenden Elementarorgane des Holzkörpers verbunden ist (Fig. 227)*).

Fig. 227.



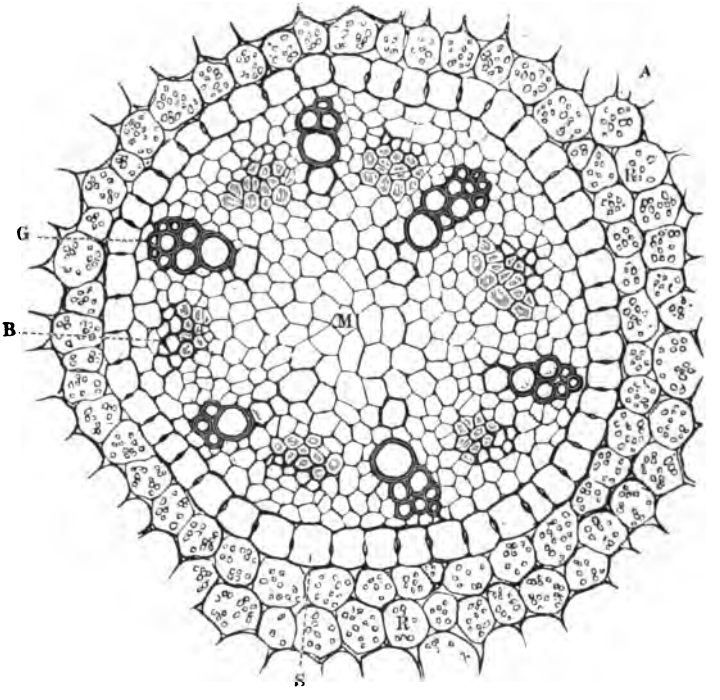
Querschnitt durch einen Jahresring der Wurzel von Quercus robus. *G G* Gefässe, *Hf* Holzfasern, *Hp* Holzparenchym, *S S* Bündelstrahlen. Vergr. 1 : 280.

*) Vergl. auch die Fig. 121 S. 233 und Fig. 145 S. 263.

Digitized by Google

Auf die Unterschiede, wie sie sich für einzelne Gattungen und Arten der dikotyledonen Holzgewächse ergeben, kann hier nicht näher eingegangen werden. Bei einer vergleichenden Charakteristik der Holzarten sind alle derartige Einzelheiten im Bau des Holzes von Stamm, Ast und Wurzel, welche in manchen, namentlich auch technischen Beziehungen von Wichtigkeit werden, in Betracht zu ziehen. Neben der Beobachtung von passenden Schnitt- und Mazerationspräparaten hat man dann auch

Fig. 228.



Querschnitt durch eine junge Wurzel von Ranunculus acre. *G* eben angelegte Gefässgruppen, *B* junge Bastbündel, *S* Gefässbündelscheide, *R* Rindenparenchym, *M* Mark. Vergr. 1 : 200.

vergleichende Messungen der Jahresringe im Ganzen, wie der einzelnen Zellenarten vorzunehmen.

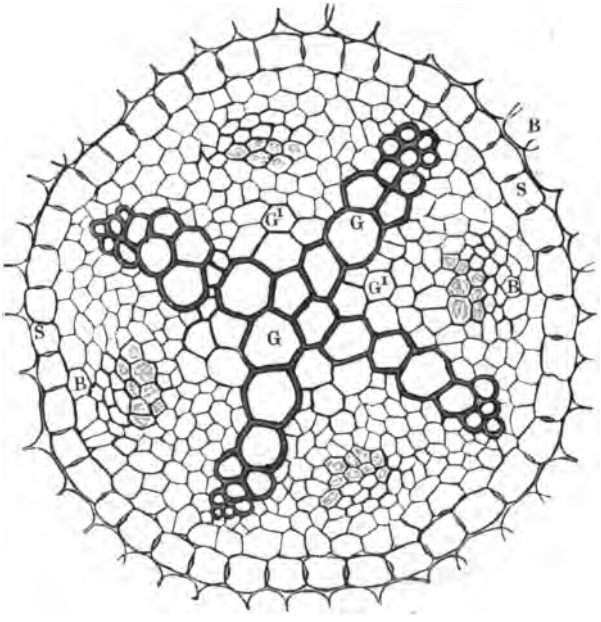
Wo das Mark der Wurzel in höherem Alter von den Elementen des Gefässbündels verdrängt wird, da beruht dieses Verhältniss auf der eigenthümlichen Ausbildung dieses letzteren in der ersten Wachsthumsperiode.

Die Gefässbündel entstehen nämlich auch hier wie im Stamme getrennt; es schreitet aber die weitere Entwickelung nach dem Centrum fort, so dass dergleichen Wurzeln in den ersten Stadien ein Bild zeigen,

Digitized by Google

wie Fig. 228. Sobald die ersten Gefässbündel ihre Holztheile, welche auf dieser Stufe vorzugsweise aus Gefässen bestehen, bis in oder nahe an das Centrum vorgeschoben haben, wobei also das Mark entweder gänzlich verschwindet oder in geringem Umfange erhalten bleibt, tritt zwischen ihnen eine Neubildung von Cambiumbündeln auf, aus denen sich der Gefässbündelkreis dann in der normalen Weise weiter bildet, indem die neu entstehenden Elemente desselben zugleich die ursprünglich

Fig. 229.



Querschnitt durch eine ältere Wurzel von Ranunculus acre. *G* versetzte in centripetaler Richtung entstandene Gefässe, G^1 junge in centrifugaler Richtung sich entwickelnde Gefässe, *B B* Bastbündel, *S S* Gefässbündelscheide.
Vergr. 1 : 200.

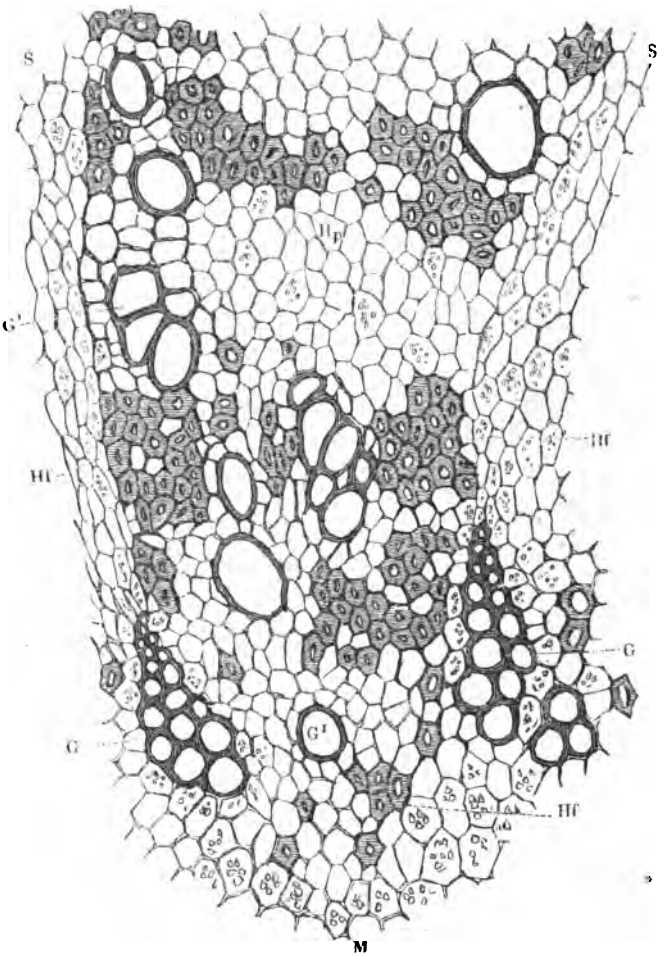
zwischen den primären Holzbündeln gelagerten Bastbündel vor sich herdrängen (Fig. 229).

Die relative Stellung der primären Gefässbündel zu dem Marke wird also hier, wo das letztere bleibt, eine andere, wie im Stamme, so dass von einer Markkrone, in dem Sinne wie bei dem letzteren, nicht die Rede sein kann. Um sich über diese Verhältnisse genau zu unterrichten, müssen überall die jüngeren Entwicklungszustände zu Rathe gezogen werden. Bei älteren Wurzeln sind dieselben häufig nicht mehr klar genug zu erkennen, obwohl auch hier in manchen Fällen die primären Gefäss-

Digitized by Google

gruppen und deren Verhältniss zu dem später gebildeten Holzkörper noch deutlich genug hervortreten (Fig. 230).

Fig. 230.



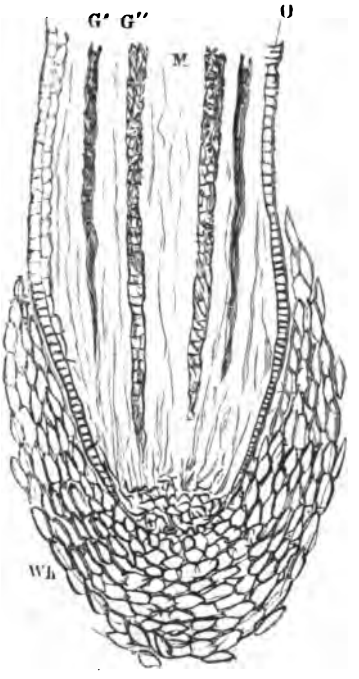
Theil eines Querschnittes der Wurzel von Ficus amazonica. *M* Mark, *S* Markstrahlen, *G G* die in centripetaler Richtung entstandenen primären Gefässgruppen, dazwischen das später in centripetaler Richtung entwickelte Holzbündel mit seinen Gefässen, G^1G^1 Holzfasern, *Hf* und *Hf* Holzparenchym. Vergr. 1 : 220.

Wurzelhaube. — Bei sämmtlichen echten Wurzeln der Kryptogamen und Pharerogamen wird der Vegetationspunkt von einer meist mehrschichtigen, aus parenchymatischen Zellen gebildeten Hülle, der sogenannten Wurzelhaube bedeckt (Fig. 231). Inwieweit dieselbe bei der

Digitized by Google

vergleichenden Histiologie in Betracht zu ziehen ist, müssen entsprechende Untersuchungen lehren.

Fig. 231.



Längsschnitt durch die Spitze einer eben hervorbrechenden Wurzel von Aspidistro elatior. *Wh* Wurzelhaube, *O* Oberhaut, *M* Mark, *G'* Region der engen Spiralgefässe, *G''* Region der weiten netzförmigen Gefässe. Vergr. 1 : 75.

III. Das Blatt.

1. Die Laubblätter.

Das Blatt der Moose.

Das Blatt der Lebermoose besteht aus einer einzigen Lage von gleichgebildeten, regelmässig polygonalen, nach der Unter- und Oberfläche abgeplatteten, also tafelförmigen Zellen. Zur histiologischen Untersuchung genügt es, das Blatt unverletzt unter das Mikroskop zu bringen. Will man dagegen die Structur der Zellhülle u. s. w. studiren, so sind Querschnitte anzufertigen, welche man am leichtesten erhält, wenn man eine Anzahl von Blättchen mittelst einer Gummilösung, der man wenige

Digitized by Google

Tropfen Glycerin zugesetzt hat, zusammenklebt und dann die Schnitte zwischen Hollundermark nimmt.

Das Blatt der Laubmoose besteht gleichfalls aus einer einzigen Lage von Parenchymzellen, die in ihrer Form je nach der Art mannigfach verschieden sind und insofern Beachtung verlangen. Hier tritt aber mit Ausnahme der Sphagneen und einiger anderen Moosarten (Fig. 232), deren Blatt aus zwei Arten von Parenchymzellen gebildet wird, von

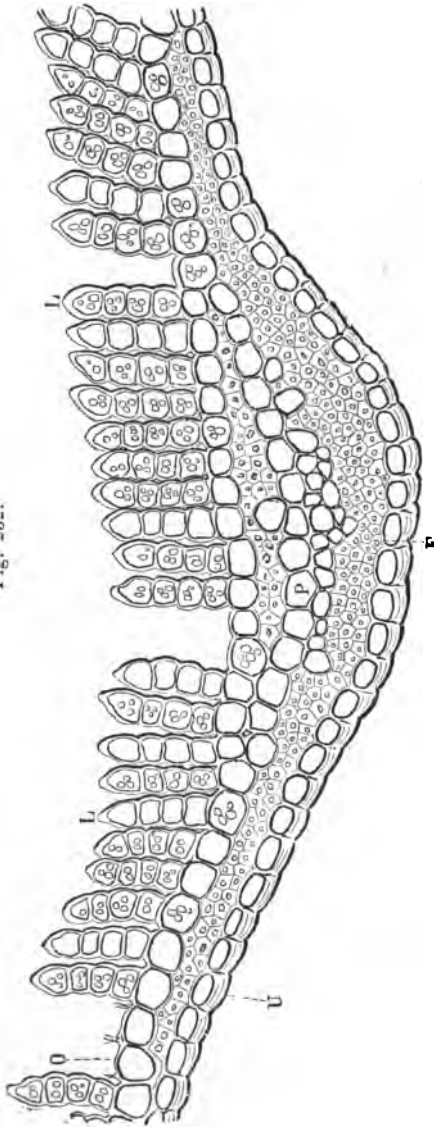


Fig. 232.

Mittlerer Theil des Querschnittes durch ein Blättchen von Polytrichum formosum bis zum Uebergange des Blattnerven in die zweischichtige Blattscheide. *LL* Lamellen, *O* die lamellentragenden Zellen der Oberfläche, *U* einseitig verdickte Zellen der Unterfläche, *P* dünnwandige, *F* faserartige Zellen des Mittelnerven. Vergr. 1 : 500.

Digitized by Google

denen nur die engeren Chlorophyll führen, ein mehr oder minder deutlich ausgebildeter Mittelnerv auf. Dieser besteht entweder nur aus gleichartigen, von den übrigen Blattzellen kaum zu unterscheidenden, wenig mehr als diese gestreckten, oder aus gestreckten faserartigen Zellen, oder es wird von diesen letzteren ein Innenstrang von dünnwandigen, ebenfalls gestreckten Parenchymzellen umschlossen. Bei der Gattung Mnium sind ausserdem noch zwei aus stark verdickten, faserartigen Zellen gebildete Randnerven vorhanden.

Um die Structur der Blattspreite zu studiren, genügt dasselbe Verfahren wie bei den Lebermoosen. Dagegen verlangt die Kenntnissnahme von dem Bau des Mittelnerven Quer- und Längsschnitte. Erstere erhält man oft ganz schön bei der Entnahme von Stengelquerschnitten. Gelingt dieses Verfahren nicht, so ist das oben angegebene einzuschlagen. Längsschnitte, die man parallel der Fläche und senkrecht zu derselben nehmen muss, werden, soweit meine Erfahrungen reichen, am besten aus freier Hand gelingen.

Das Blatt der Gefässkryptogamen.

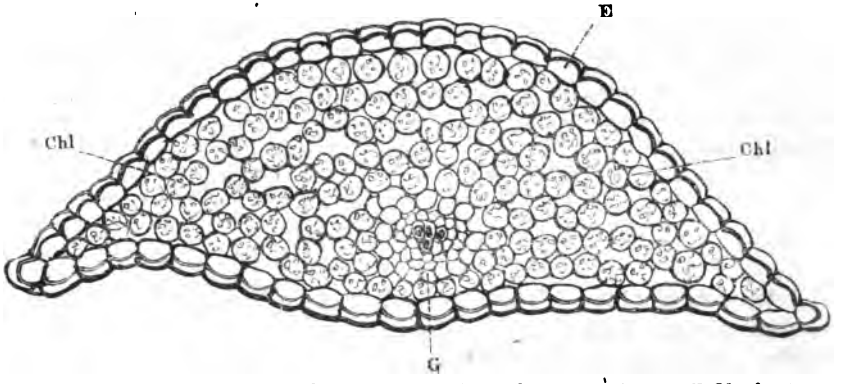
Schachtelhalme. — Die Mitte des Blattes der Schachtelhalme besteht aus nur wenigen Lagen eines zartwandigen, in späterem Alter braungefärbten Parenchyms. Diese Innenschicht wird nach Aussen auf der Unterseite von einer Oberhaut bedeckt, welche in den nicht über dem Gefässbündel oder an den Verwachsungsstellen der Einzelblättchen liegenden Partien in Reihen geordnete Spaltöffnungen enthält, deren Schliesszellen zierlich verdickt sind. Die Oberhautzellen sind hier nach der Aussenseite etwas stärker verdickt als an den übrigen Seiten und enthalten reiche Mengen von Kieselerde. Der Bau der Zellen ist in der Flächenansicht verschieden. Ueber den Gefässbündeln sind dieselben langgestreckt und enger, über den dünnsten zur Seite liegenden Stellen werden sie weiter und kürzer und lassen die Spaltöffnungslücken zwischen sich, dann verbreitern sie sich noch etwas mehr und gehen in die eigenthümlich bogenförmigen Zellen der Verwachsungsstellen über. Die Oberseite besitzt eine abweichend gebaute Epidermis. Dieselbe besteht nämlich aus zartwandigen kleineren Zellen, welche mehr oder minder flach gedrückt erscheinen. Das Gefässbündel nimmt etwa die Mitte des Einzelblattes ein und besteht aus wenigen zarten Ringgefässzellen, innerhalb deren eine Gruppe zartwandiger, allem Anscheine nach dem Bastheile angehöriger Zellen auftritt. Unter dem Gefässbündel erscheinen bei manchen Arten (Equ. hiemale, arvense) Grüppchen von stark verdickten faserähnlichen Zellen, welche bis dicht unter die Epidermiszellen reichen. Die Blätter führen im jugendlichen Zustande immer Chlorophyll und zwar sind die betreffenden Parenchymzellen in Längsreihen neben den über den Gefässbündeln stehenden Fasersträngen vertheilt

Digitized by Google

und durch Stränge inhaltleerer Zellen, die den Aussenseiten der verwachsenen Blättchen und den Verwachsungsstellen angehören, von einander getrennt.

Bärlappgewächse. — Das Blatt der Bärlappgewächse hat beiderseits eine aus mässig einseitig verdickten, in der Längsachse des Blattes gestreckten, seicht buchtigen Zellen bestehende Oberhaut, deren Spaltöffnungen ohne bestimmte Ordnung zerstreut stehen. Das mittlere Gewebe (Fig. 233 *Chl*) wird von einigen Lagen zartwandigen, auf dem Quer-

Fig. 233.



Querschnitt durch ein Blättchen von Lycopodium chamaecyparissus. *E* Oberhaut, *Chl* Chlorophyllgewebe, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 150.

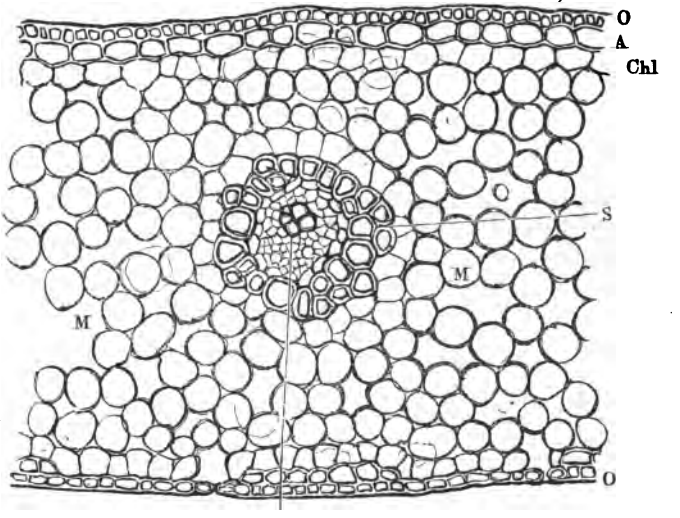
schnitte rundlichen, auf dem Längsschnitte etwas gestreckten, Chlorophyll führenden Parenchyms gebildet und dieses von einem mittleren, aus einigen wenigen Spiral- und Treppengefässen und engen, mässig verdickten gestreckten Zellen bestehenden Gefässbündel durchzogen (Fig. 233 *G*).

Farnkräuter. — Die Oberhaut des Farnblattes besteht auf der Ober- wie Unterseite aus zierlich buchtig tafelförmigen Zellen, die beinahe gleichmässig nach allen Seiten verdickt sind, höchstens eine nur wenig stärkere Entwickelung der secundären Verdickungsschicht nach der Aussenseite beobachten lassen und gleich den tiefer liegenden Zellen Chlorophyll führen (Fig. 234 *O*). Die Unterseite führt stets mit der Epidermis in gleicher Ebene liegende, ohne bestimmte Ordnung zerstreute Spaltöffnungen. Dicht unter der Oberhaut erscheint als Aussenrinde (Fig. 234 *A*) häufig jederseits eine nur über den Spaltöffnungen unterbrochene Lage mässig verdickter, in der Flächenansicht länglich polygonaler Zellen, welche neben protoplasmatischen Stoffen oder wässerigen Flüssigkeiten auch geringe Mengen Chlorophylls führen. Das Parenchym (Fig 234 *Chl* und *M*) ist in mächtigeren Lagen entwickelt und wird aus strahligen Zellen gebildet, so dass es eine Menge von Lufträumen

Digitized by Google

enthält. Dasselbe ist reichlich mit Chlorophyll angefüllt, in dem sich Stärkekörnchen entwickeln. Die Gefässbündel stehen von der Ober- und Unterseite an gerechnet gewöhnlich ziemlich genau in der Mitte. Man kann in denselben deutlich einen Holz- und Basttheil unterscheiden, von denen der erstere nach der Oberseite, der andere nach der Unterseite gewandt ist (Fig. 234 *G*). Der Holztheil besteht aus einigen Spiral- und

Fig. 234.



Theil eines Querschnittes durch den Wedel von Asplenium Nidus. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde, *Chl* Chlorophyllgewebe der Rinde, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel, *S* Gefässbündelscheide. Vergr. 1 : 120.

Treppengefässen, der Basttheil aus ziemlich engwandigen, gestreckten, Eiweissstoff führenden Zellen, unter denen sich hier und da einige weitere als Bastgefässe erkennen lassen. Zunächst um das Gefässbündel findet sich ein Kranz von weiteren zartwandigen Parenchymzellen ein, denen dann als Gefässbündelscheide ein geschlossener Ring von verdickten faserartigen Zellen folgt (Fig. 234 *S*).

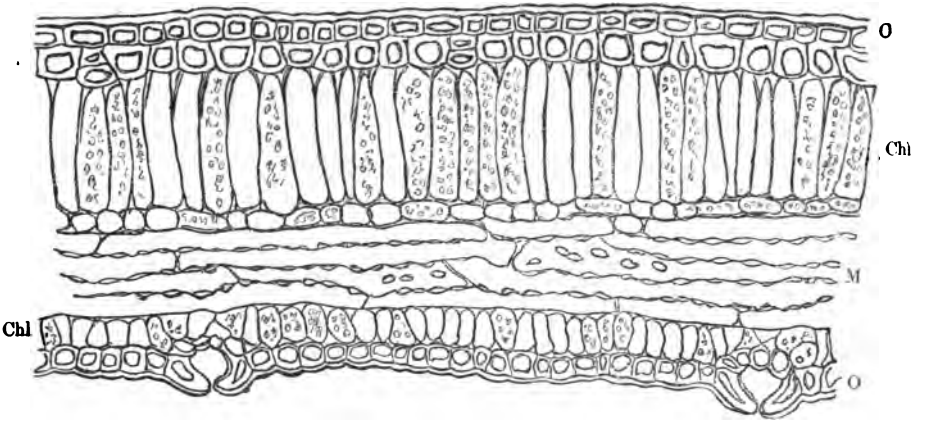
Das Blatt der Phanerogamen.

Cycadeen. — Die Cycadeen besitzen eine Oberhaut mit einseitig (Cycas, Fig. 235) oder allseitig (Ceratozamia, Fig. 236) verdickten Zellen, bei denen namentlich die Cuticularschichten mächtig entwickelt und von Poren durchbrochen sind. Die Unterseite der Fiederblättchen besitzt immer entweder ohne Ordnung gestellte (Cycas) oder in Reihen geordnete (Encephalartos etc.) Spaltöffnungen, welche die S. 179 beschriebene eigenthümliche Lage tief unter der Oberhaut beobachten lassen (Fig. 235 bis 237).

Digitized by Google

Die Form der Oberhautzellen wechselt hier sowohl bei den verschiedenen Gattungen, als sie auch in der Oberhaut ein und derselben Gattung an verschiedenen Stellen ungleich wird. So besitzen die Cycas- und Encephalartosarten fast isodiametrische, bei den ersteren senkrecht auf die Blattachse verlängerte, bei den anderen unregelmässig verschobene, auf der Unterseite eine Verlängerung in der Blattachse zeigende drei-, vier- bis mehrseitige Zellen, während Zamia und Ceratozamia nach der Blattachse in die Länge gestreckte parenchymatöse oder faserähnliche Formen zeigen, welche mit kurzen sich schon auf dem Querschnitte deutlich kenntlich machenden, meist länglich vierseitigen, braune Masse führenden Zellen abwechseln, die, nach ihrer Anordnung zu schliessen, aus einer faserförmigen Zelle — ähnlich wie das Holzparenchym — entstanden sind. Bei

Fig. 235.



Theil eines Querschnittes durch ein Blättchen von Cycas revoluta. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde, *Chl* pallisadenförmiges Chlorophyllgewebe (Innenrinde), *M* Markgewebe. Vergr. 1 : 120.

Dion sind die Hauptmasse der oberen und die zwischen den Spaltöffnungsstreifen verlaufenden Längsstreifen der unteren Epidermis aus der letzteren Zellenart zusammengesetzt und nur hier und da finden sich faserförmige eingesprengt. Welche Formen indessen auch den Oberhautzellen eigen seien, so ändert sich dieselbe theils schon im Verlaufe der Spaltöffnungsreihen (Dion), sicher aber in der Nähe der Spaltöffnungen immer in bestimmter mehr oder minder scharfer Weise, welche durch die Gruppirung der die letzteren umgebenden Zellen bedingt wird. Bei einer vergleichenden Untersuchung sind alle diese Formverschiedenheiten auf das Aufmerksamste zu verfolgen und in ihren Beziehungen zu den einzelnen Gattungen sowohl als zu den verschiedenen Stellen der Oberhaut genau zu charakterisiren. Quer- und Längsschnitt werden hier für die Verdickungsweise, Oberflächenschnitte für die gegenseitigen Verhält-

Digitized by Google

nisse der wechselnden Formen, diese und Macerationsproducte endlich für diese letzteren selbst die nöthigen Anhaltspunkte geben müssen.

Unterhalb der Oberhaut erscheinen bei allen von mir bis jetzt untersuchten Gattungen (Cycas, Dion, Encephalartos, Ceratozamia, Zamia) zwei bis mehrere Reihen von chlorophyllosen, feinkörnigen Inhalt führenden Zellen, welche bei Ceratozamia nur am Rande oder vereinzelt in kleinen Gruppen auftreten, bei den übrigen Gattungen an der Oberseite in der Regel ununterbrochene Lagen bilden, an der Unterseite aber unterhalb der Spaltöffnungen meist fehlen und daher in Längsreihen geordnet erscheinen (Fig. 235 bis 237). Diese Zellen sind mehr oder minder, oft (Dion) fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickt und sind an der Oberseite immer faserartig und meist gefächert. An der Unterseite haben sie bei Encephalartos in den Spaltöffnungszügen fast allseitig gleiche Ausmessungen und sind verhältnissmässig weit und weniger verdickt. Wir haben in dieser Blattschichte offenbar die Aussenrinde des Blattes vor uns, welche dem Collenchym der Stengelrinde entsprechen dürfte. Auf die Aussenrinde, oder, wo diese fehlt, unmittelbar auf das Oberhautgewebe, folgt ein Gewebe, welches in der Regel aus cylindrischen oder polygonalen, mehr (Encephalartos, Cycas) oder minder (Ceratozamia) in dem Dickendurchmesser des Blattes verlängerten, nach der Blattmitte etwas verjüngten, hier und da in den Kanten (Cycas revoluta) leistenartig verdickten Zellen gebildet wird und die Innenrinde repräsentirt. Dieselbe findet sich an beiden Blattseiten, ist aber an der oberen am deutlichsten ausgeprägt, an der unteren, wegen des mehr minder verkürzten Höhendurchmessers weniger hervortretend.

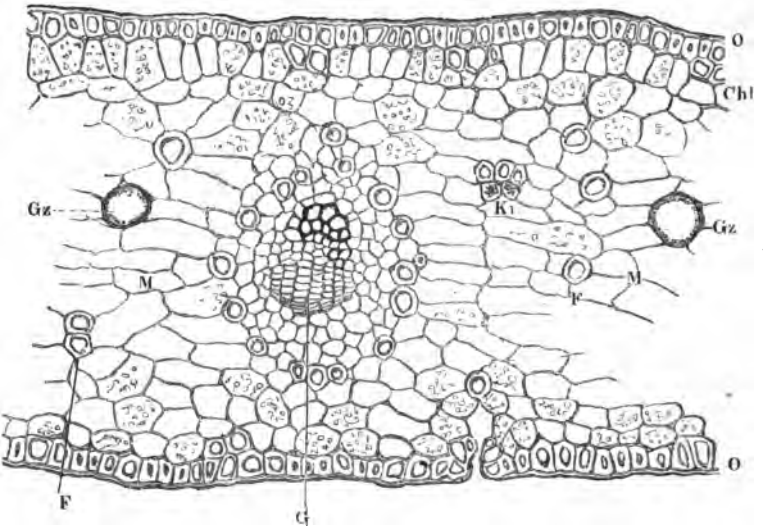
Der mittlere Theil des Blattes, das Mark, wird zum grössten Theile aus buchtig- strahligen Parenchymzellen zusammengesetzt und bildet ein schwammförmiges Gewebe, das in der Mittellage nicht selten in einige Lagen nach der Breite des Blattes quergestreckten Parenchymes übergeht (Fig. 235 und 236), welches sich zwischen den Gefässbündeln und den Gummigängen ausspannt, bei Cycas in ein das Gefässbündel umgebendes, dem Markparenchym des Fiederstieles ähnliches vielporiges Gewebe übergeht. Bei Dion und Ceratozamia treten inmitten des Schwammparenchymes vereinzelte stark verdickte Bastfasern auf (Fig. 236 u. 237 *F*) und bei Cycas finden sich Gruppen ähnlicher Zellen innerhalb des aus polygonalen Zellen bestehenden Marktheiles ein.

Das Gefässbündel ist vollständig entwickelt, d. h. es lässt einen deutlich ausgebildeten Holz- und Basttheil erkennen. Der letztere liegt der Unterseite des Blattes zugewendet und besteht nach Innen aus den dünnwandigen Elementen, unter denen sich Parenchym- und Bastgefässzellen, wenn auch mit einiger Mühe, erkennen lassen; nach Aussen finden sich eine (Ceratozamia) oder mehrere in Halbmond gestellte Reihen von eigenthümlich verdickten, engen faserähnlichen Zellen ein, welche als Bastfasern aufzufassen sind, namentlich da sie ihr Analogon auch in dem Gefässbündel der Dikotyledonen finden (Caesalpineen, Ribes u. s. w.).

Digitized by Google

Der Holztheil wird von dem Basttheile durch einige enge, zartwandige und gestreckte Parenchymzellen getrennt und besteht nach Innen aus engeren spiralig verdickten Gefässzellen, nach Aussen aus weiteren nur mässig verdickten Holzzellen mit in die Breite gezogenen oder mehr rundlichen, deutlich behöften Poren. Bei Encephalartos und Cycas revoluta habe ich von dem Parenchym, welches Holz- und Basttheil scheidet, gleichsam am Anfange des letzteren einige, meist in zwei kleine Gruppen gestellte, sich durch ihre stärkere Verdickung kenntlich machende Zellen

Fig. 236.



Theil eines Querschnittes durch das Fiederblättchen von Ceratozamia mexicana. *O* Oberhaut, *Chl* chlorophyllhaltiges Pallisadengewebe, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel, *Gz* Gummizellen, *F* Faserzellen. Vergr. 1 : 120.

gefunden, die sich auf dem Längsschnitt als poröse Holzzellen darstellen, und bliebe hier zu untersuchen, ob dieses Vorkommen vereinzelt, oder ob es bei einzelnen Arten oder Gattungen constant ist.

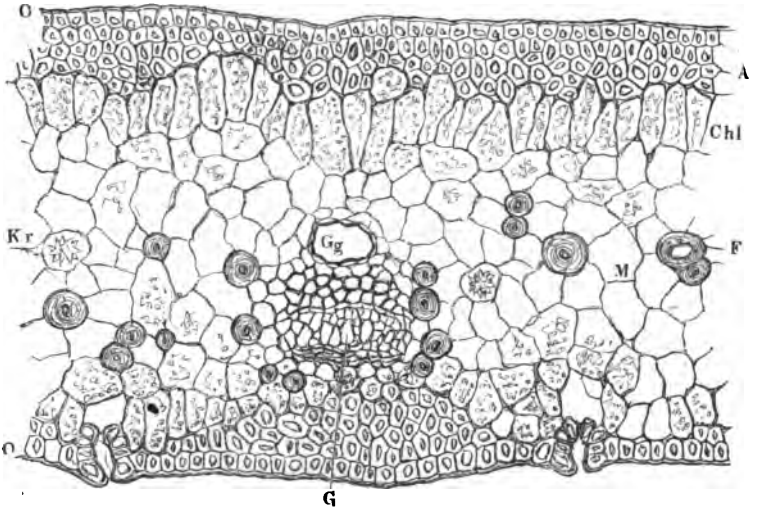
Bei allen von mir untersuchten Gattungen wird das Gefässbündel von einem ein- bis mehrreihigen Hohlcylinder von abweichend gebauten Parenchymzellen, der Bündelscheide, umgeben. Bei Cycas sind dieselben einseitig, nach Innen verdickt und führen einzelne Krystalle. Bei den anderen sind sie mehr gleichmässig ausgebildet, mässiger verdickt (Ceratozamia, Encephalartos, Fig. 236 und 237) bis dünnwandig (Dion) und es treten in deren Kreis einzelne, bei Ceratozamia gefächerte Bastfasern ein (Fig. 236 und 237), Gummigänge habe ich in dem Blatte nur bei Encephalartos und Dion gefunden. Bei ersterer Gattung stehen sie zwischen je zwei Gefässbündeln, bei Dion dicht über denselben (Fig. 237 *Gg*). Dieselben sind verhältnissmässig weit und werden zunächst von einer Lage enger

Digitized by Google

zartwandiger, langgestreckter und dann von einer zweiten Lage weiterer isodiametrischer Parenchymzellen umgeben. Bei Ceratozamia treten im Markgewebe einzelne Gummizellen (Fig. 236 *G*) auf.

Der Wedelstiel besitzt bezüglich der Gefässbündel, welche zerstreut in dem Markgewebe stehen, was sich bei Cycas wie bei den anderen Arten für die Blättchen in der Nähe der ersteren wiederholt, den gleichen Bau, wie wir ihn eben geschildert haben. Ein Unterschied zeigt sich in Bezug auf die Rindenbildung, welche indessen so manche Anklänge an

Fig. 237.



Theil eines Querschnittes durch das Fliederblättchen von Dion edule. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde, *Chl* Chlorophyllgewebe (Innenrinde), *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel, *Gg* Gummigang, *Kr* krystallführende Zellen, *F* faserförmige im Mark zerstreute und das Gefässbündel umgebende Zellen. Vergr. 1 : 120.

die Rinde der Fiederblätter zeigt, dass sich die Beziehung beider zu einander dem Beobachter überall aufdrängt.

Unterhalb der Oberhaut, welche im Ganzen den gleichen Bau zeigt, wie jene der Fiedern, findet sich mit Ausnahme von Cycas, wo es nur an den Seiten, wo die Blättchen abgehen, auftritt, bei Encephalartos, Dion und Ceratozamia, das aus faserähnlichen Zellen gebildete ein- bis mehrreihige Gewebe wieder vor. Das Chlorophyllgewebe, d. h. die Innenrinde, beginnt bei Cycas unmittelbar nächst der Oberhaut und besteht aus zwei bis drei Reihen ziemlich verdickter Zellen, die auch einzeln oder gruppenweise in dem gleich zu beschreibenden Gewebe auftreten, ohne mit jenen Reihen in Verbindung zu stehen. Bei den übrigen genannten Gattungen treffen wir dasselbe unter der Aussenrinde. Seine Zellen sind in der Regel weniger verdickt und porenreich, wie bei der

Digitized by Google

vorhergehenden Art, und es setzt sich durch meist einreihige netzförmig mit einander anastomosirende Strahlen nach Innen fort, wo es allmälig in das Zwischen- und Markgewebe übergeht.

Innerhalb der Innenrinde erscheint bei Cycas und Ceratozamia ein mächtiger, bei Encephalartos und Dion ein minder breiter Ring von bastfaserähnlichen, mässig langen, stark verdickten Zellen, welche gemäss des eben geschilderten Verhaltens des Chlorophyllgewebes gruppenweise angeordnet erscheinen. Bei Cycas werden dieselben nach Innen allmälig enger und länger; bei Ceratozamia, Encephalartos und Dion bleiben sie mehr gleich und es treten dazwischen (einzeln oder in kleinen Gruppen) weitere und bedeutend längere, bei Ceratozamia gefächerte, bald minder (Encephalartos), bald mehr (Ceratozamia und Dion) verdickte, eine homogene braune Masse führende Bastfasern auf, welche sich auch zerstreut in dem Markgewebe und in der Umgebung der Gefässbündel finden.

Nadelhölzer. — Die Oberhaut der Nadelholzblätter besteht aus einer einzigen Lage von in der Richtung der Blattachse mehr oder minder in die Länge gestreckten, nur in den die Spaltöffnungen enthaltenden Streifen ganz oder nahezu isodiametrischen, meist tafelartigen, hier und da aber auf dem Querschnitt quadratischen (Pinus silvestris) oder gar pallisadenförmigen (Pinus Pumilio) Zellen. Die Wandungen sind entweder allseitig (Pinus, Fig. 240) oder, was bei den meisten Gattungen der Fall ist, einseitig an den Aussenseiten verdickt (Fig. 238) und die Verdickungsschichten, theils von nach der Oberfläche verlaufenden, theils von seitlichen Porencanälen durchsetzt. Die Spaltöffnungen stehen immer in Längsstreifen und finden sich bei flachen Blättern, bald auf beiden Blattseiten (Auracaria imbricata und brassiliensis), bald nur auf der Unter- (Taxus, Salisburia, Abies) oder Oberseite allein (Juniperus) oder doch vorzugsweise (Cupressus), während sie bei den rundlichen und vierkantigen Blattgestalten in der Regel allseitig auftreten.

Unterhalb der Oberhaut trifft man mit Ausnahme von Taxus und Cephalataxus (Fig. 238) (und Torreya nach Thomas) eine ein- bis mehrreihig entwickelte, in der Regel nur unter den Spaltöffnungen fehlende, hier und da aber auch sonstig unterbrochene Aussenrinde (Fig. 239), welche jener der Cycadeen ähnelt, sich aber insofern von derselben unterscheidet, als die Zellen nicht so bedeutend in die Länge gestreckt erscheinen. Die Verdickung der Zellhüllen ist allseitig, bei Pinus geringer, bei den übrigen Gattungen bedeutender (Fig. 239 bis 241).

Die Innenrinde, das Chlorophyllgewebe, zeigt bei verschiedenen Gattungen mannigfache Abweichungen in seinem Baue, welche bei deren Charakterisirung wohl ins Auge zu fassen sind. Bei allen jenen Nadelblättern, welche nur auf der Unterseite Spaltöffnungen enthalten, liegt auf der Oberseite ein deutlich entwickeltes, hier und da (Podocarpus, Fig. 241) mehrreihiges Pallisadenparenchym, dem ein lockereres Gewebe folgt, während die Unterseite häufig zum mindesten kein entschieden

Digitized by Google

ausgesprochenes Pallisadenparenchym, auch nicht in den spaltöffnungsleeren Streifen beobachten lässt und in der Regel von lockerem, unregelmässigem Parenchym eingenommen wird. Die beiderseitig mit Spaltöffnungen versehenen Blätter der Auracaria imbricata und brassiliensis (Fig. 239) besitzen auf beiden Seiten je eine Schicht durch die Spalt-

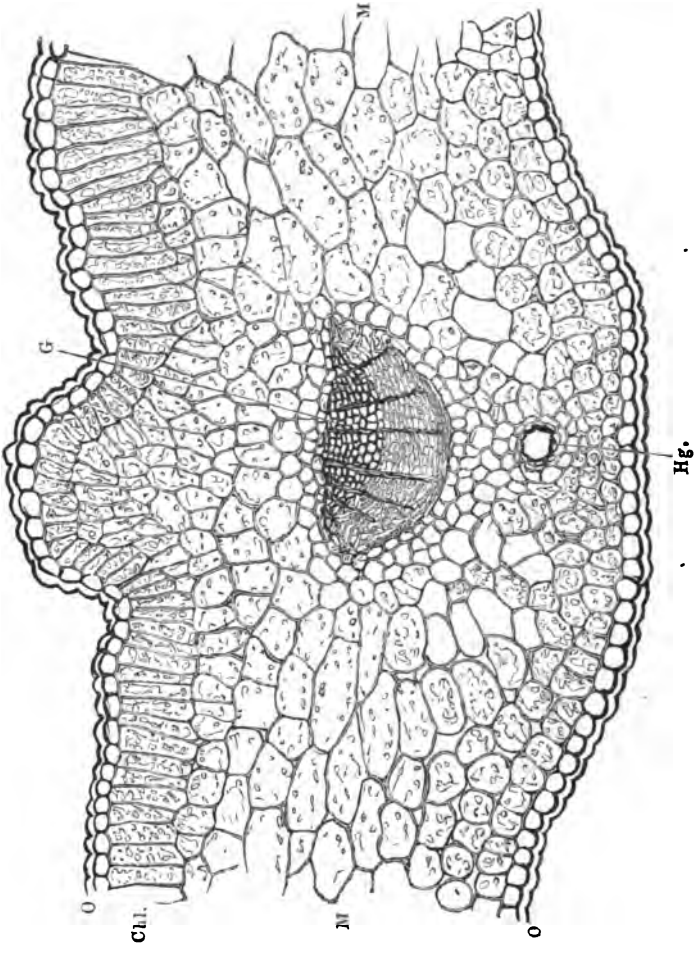


Fig. 238. Theile eines Querschnittes durch das Blatt von Cephalotaxus Fortunei. *O* Oberhaut, *Chl* chlorophyllführendes Rindengewebe, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel, *Hg* wurziger Harzgang. Vergr. 1 : 100.

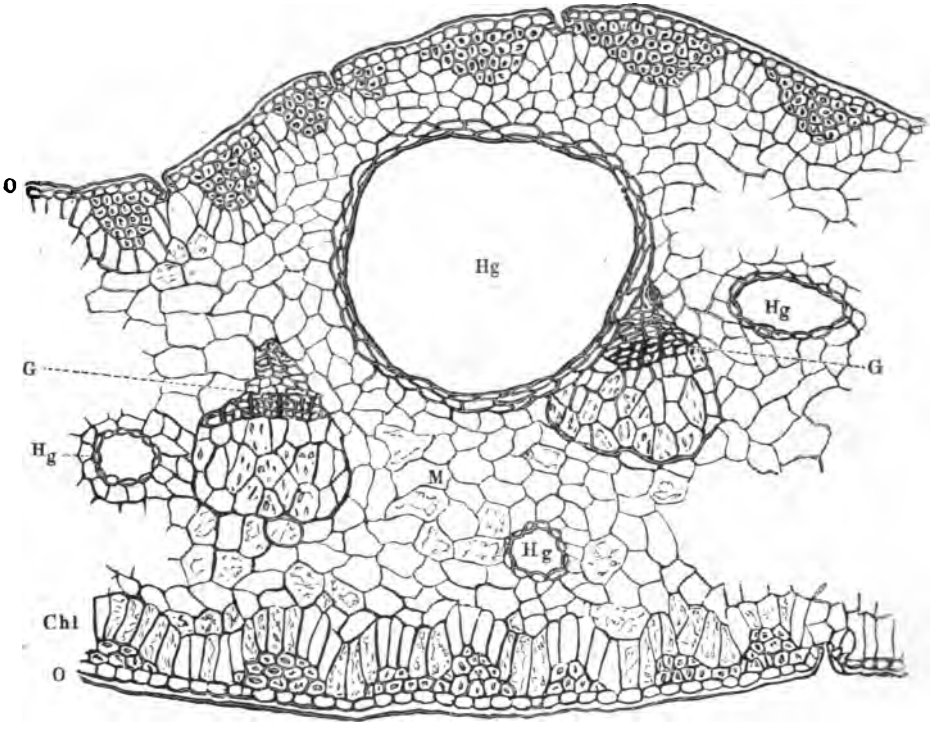
öffnungsstreifen unterbrochenen Pallisadenparenchyms mit darunterliegendem lockereren Chlorophyllgewebe, die rundlichen und vierkantigen Nadeln endlich lassen theilweise eine allseitig ähnliche Structur beobachten, bei der die Pallisadenform indessen häufig weniger scharf ausgeprägt ist, theils besitzen sie eine aus dicht aneinanderschliessenden Zellen bestehende Innenrinde (Pinus, Picea, Larix, Fig. 240), deren äussere Schicht

Digitized by Google

bald einen nur wenig, bald mehr (Picea, Larix auf der Oberseite) senkrecht zur Blattfläche verlängerten Durchmesser besitzt. Bemerkenswerth ist hier die eigenthümliche Verdickungsweise der hierhergehörigen Zellen von Pinus (S. 89, Fig. 31 *I*), Fig. 240.

Als fremde Elemente treten nach Thomas in dem Rindenparenchym einzelne Bastfasern auf, so bei Cephalotaxus, Podacarpus, Dammara und Sciadopitys.

Fig. 239.



Querschnitt durch die Mitte des Blattes von Auracaria brassiliensis. *O* Oberhaut, *Chl* pallisadenförmige chlorophyllhaltige Innenrinde, *M* Markgewebe, *Z* Gruppen grosser poröser die Gefässbündel begleitender Zellen, *G* Gefässbündel, *Hg* Harzgänge. Vergr. 1 : 75.

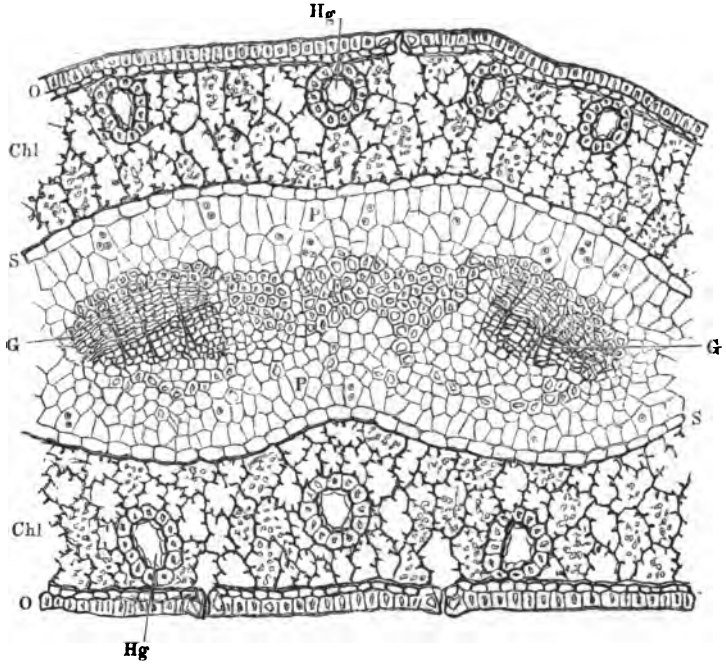
In den Gattungen Pinus, Picea und Larix wird die Blattrinde von dem inneren Parenchym, welches bei Pinus (Fig. 240 *P*) kleine deutliche behöfte Poren, bei Podocarpus (Fig. 241 *M*) eine quergestreckte Form besitzt und als Markgewebe bezeichnet werden kann, durch einen einreihigen Ring getrennt, welcher aus abweichend gebildeten, in tangentialer, mehr aber in axialer Richtung in die Länge gestreckter Zellen besteht, deren Seitenwände mit zierlichen kleinen Siebporen dicht besäet sind (Fig. 240 *S*).

Das bald einfache (Fig. 239 und 241), bald durch Zwischenschiebung einiger bis mehrerer Reihen von Parenchymzellen getheilte Gefässbündel

Digitized by Google

(Fig. 238 u. 240) besteht aus Holz und Bast, deren Elemente in ziemlich regelmässigen, bald mehr nach dem Radius, bald mehr nach dem Querdurchmesser der Nadel gerichteten Reihen hintereinanderstehen. Das Holz enthält nach Aussen einige Spiralgefässzellen, nach Innen behöft poröse Holzzellen, den Bast bilden mehr minder verdickte Bastgefässzellen. Zwischen den ein- bis mehrreihigen Holz- und Bastelementen finden sich Inhalt führende langgestreckte, ebenfalls in Reihen geordnete Zellen. Bei

Fig. 240.



Theil eines Querschnittes durch das Blatt von Pinus silvestris. *O* Oberhaut, *Chl* chlorophyllführendes Parenchym, *S* Gefässbündelscheide, *P* behöft poröses Parenchym, *GG* Gefässbündel, *F* Gruppen von bastfaserähnlichen Zellen, *Hg* Harzgänge. Vergr. 1 : 75.

Pinus treten über dem Basttheile des Gefässbündels mehr oder minder starke Bündel von fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickten Bastfasern auf, welche sich in das Zwischengewebe hineinziehen und noch eine Strecke unter dem Holztheil fortsetzen (Fig. 240).

Mit Ausnahme von Taxus besitzen alle Nadelholzblätter Harzbehälter von kugelförmiger Gestalt bei den Schuppennadeln, ächte Gänge bildend bei den gestreckten Nadeln. Die Stellung dieser Behälter ist eine dreifach verschiedene. Dieselben liegen nämlich bei den einnervigen Nadeln entweder je einer dicht unter dem Gefässbündel zwischen diesem und der unteren Blattfläche (Juniperus, Cupressus, Cephalotaxus), oder je zwei in der Nähe der Blattränder zur Seite des Gefässbündels, meist der

Digitized by Google

unteren Blattfläche mehr genähert (Pinus, Abies etc.). Bei den mehrnervigen Nadelblättern (Auracaria brassiliensis, Fig. 239) nehmen die Harzgänge ihre Stellung zwischen je zweien der Gefässbündel und ihre Zahl steht dann im Verhältniss zu der Zahl der letzteren.

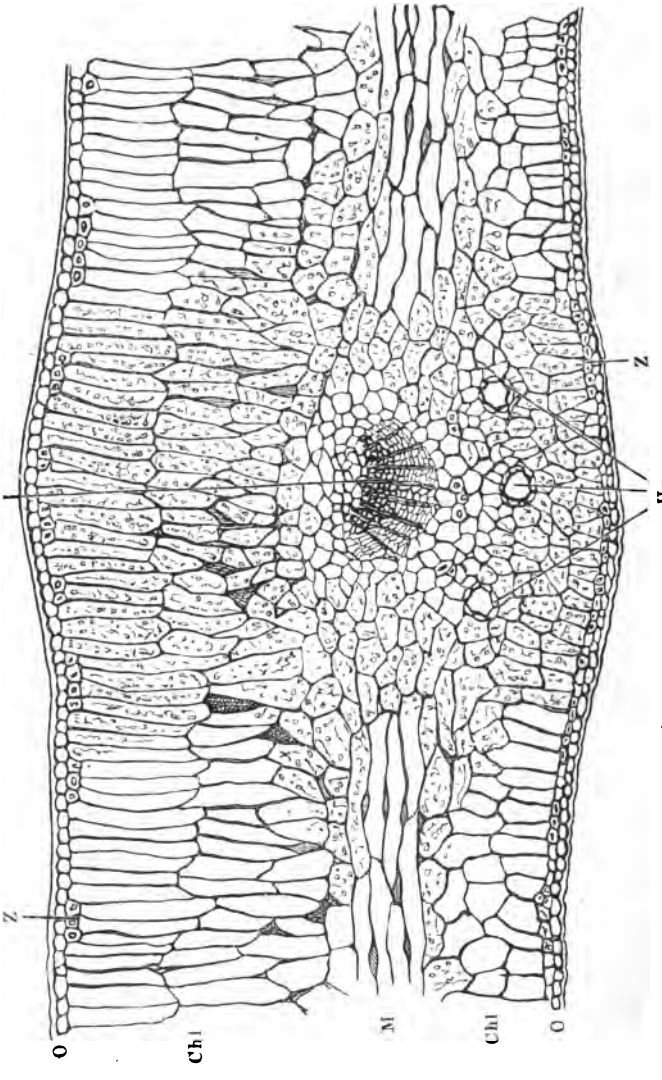


Fig. 241. Theil eines Querschnittes durch das Blatt von Podocarpus spec. *O* Oberhaut, *Chl* pallisadenförmiges Rindengewebe, *Z* Zellen der Aussenrinde, *M* in der Breitenachse des Blattes gestreckte Markzellen, *G* Gefässbündel, *Hg* Harzgänge. Vergr. 1 : 75.

Treten die Harzbehälter unter normalen Verhältnissen auch immer in der angegebenen Zahl auf, so häuft sich dieselbe doch auch oft durch accessorische Harzgänge, so z. B. bei Podocarpus (Fig. 241) und namentlich bei den Pinusarten, wo nicht selten 12 bis 15 und mehr Harzgänge

Digitized by Google

zu beobachten sind (Fig. 240). Diese Vermehrung ist Folge von später zwischen und in der Nähe der wesentlichen entstandenen Harzgängen, die demgemäss auch nur in den mittleren Theilen des Blattes vorhanden sind, an dem Grunde und an der Spitze aber fehlen.

Die Structur ist hier wesentlich dieselbe wie in der Rinde des Stammes. Nur bei den Pinusarten werden die zartwandigen Parenchymzellen von stark verdickten Bastfasern umgeben.

Monokotyledonen. — Die Oberhaut des Monokotyledonenblattes bietet eine grosse Mannigfaltigkeit in ihrem Bau und bedarf es hier schon weit ausgedehnter Untersuchungen, um über diese wie über die anderen Verhältnisse des Blattbaues die nothwendige Uebersicht zu erlangen. Namentlich würden hier monographisch für die einzelnen Familien durchgeführte Beobachtungsreihen am Platze sein. Wir müssen uns hier nur auf einige Andeutungen beschränken, die mehr zur allgemeinen Kenntniss des Blattbaues leiten. Was die Form der Oberhautzellen betrifft, so sind dieselben auf dem Querschnitt entweder mehr oder minder zusammengedrückt, oder fast isodiametrisch oder nahezu pallisadenförmig (namentlich auf der Unterseite). In der Flächenansicht wechselt die Gestalt von dem isodiametrischen Vier-, Fünf- bis Sechseck (Smilaceen, Dracaeen, Orchideen, Liliaceen, Alismaceen u. s. w.) durch das weniggestreckte (Commelineen etc.) bis zum langgestreckten Polygon (manche Liliaceen, z. B. Allium Hyacinthus, Irideen).

Für eine und dieselbe Pflanze wechselt die Form meistens etwas je nach der Blattseite. Die bedeutendste Veränderung erleidet dieselbe indessen bei den Arten, bei denen nicht die ganze Oberhaut aus sehr gestreckten Zellen zusammengesetzt wird. Hier ist die Gestalt je nach der Lage der betreffenden Zellen über den Spaltöffnungen oder über den Nervenbahnen eine verschiedene. In der Regel tritt über den letzteren eine mehr oder minder bedeutende Streckung ein, während über den ersteren sich ein Streben zur Isodiametrie, ja sogar zur Ausdehnung in die Querachse bemerklich macht.

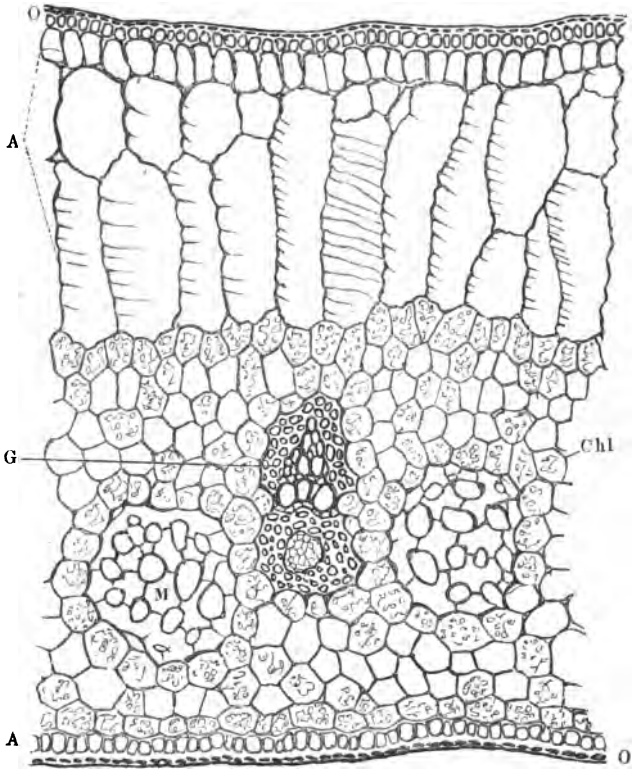
Die secundäre Verdickung der Oberhautzellen ist bald geringer (Musa, manche Orchideen, Alisma, Clorophytum etc.), bald stärker (Aloe-, Gasteria- und Yuccaarten, Dasylirion, Ruscus, Palmen u. s. w.), immer einseitig nach Aussen, nur bei den Bromeliaceen nach Innen.

Die Spaltöffnungen treten bald nur einseitig und dann auf der Unterseite auf (die meisten Liliaceen, Orchideen, Asphodeleen), bald sind sie auf beiden Seiten anzutreffen, doch dann auf der Oberseite minder zahlreich (Dasylirion, Yucca, Bromeliaceen). Dieselben liegen theils in der Oberhaut etwas über dieselbe mit ihren Schlusszellen hervorragend (tropische Orchideen), theils mit derselben nahezu in gleicher Fläche (manche Liliaceen, z. B. Tulipa), theils mehr oder minder unter derselben (Clorophytum, Arthropodium, Aloe, Gasteria etc.), theils einzeln unter dieselbe (Dasylirion, Yucca), theils in Längsrinnen versenkt (Bromeliaceen), welche

Digitized by Google

dann hier und da noch durch eigenthümliche schuppen- oder haarartige Auswüchse der Epidermiszellen ausgezeichnet sind. Ihre Anordnung folgt dem Verlaufe der Nerven, so dass sie bei allen parallelnervigen Gattungen in Längsreihen liegen, bei den netzadrigen Blättern der Alismaceen und Aroideen aber zwischen diesen ohne bestimmte Ordnung zerstreut stehen.

Fig. 242.



Querschnitt durch das Blatt von Bromelia sp. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde der Oberseite, *Chl* Innenrinde, *M* Markgruppe, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 150.

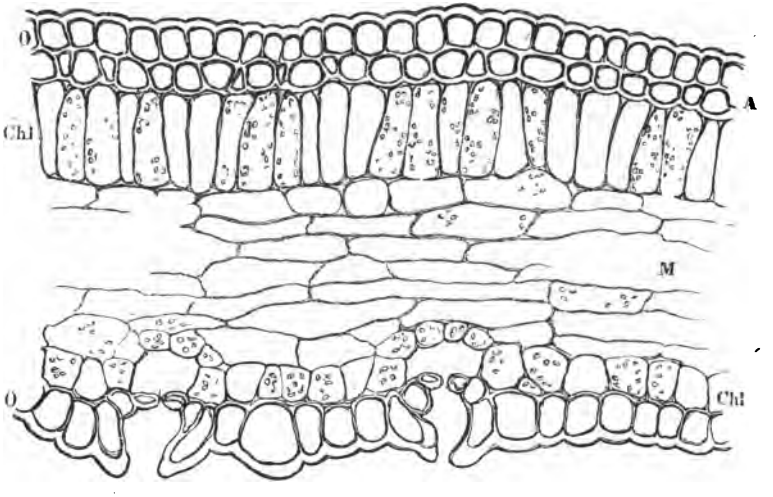
Eine Scheidung der Blattrinde in Aussen- und Innenrinde tritt nur in mehr vereinzelten Fällen auf. So besitzen Musa, Canna, Strelitzia, Maranta, Tradescantia, manche Palmen und die Bromeliaceen an beiden Blattseiten, andere, wie Phormium, manche Orchideen, mindestens an der Oberseite eine scharf ausgesprochene Aussenrinde, welche aus chlorophyllleeren, meist nahezu isodiametrischen oder einer wenig in der Richtung der Blattachse gestreckten, meistens wenig, bei den Ananasgewächsen dagegen stärker verdickten Zellen besteht, unter denen — namentlich

Digitized by Google

an der Oberseite — noch mehrere Lagen grosser chlorophyllleerer, nur wenig verdickter, hier und da schöne Spiralfasern zeigender (Bromelia sp.?) pallisadenförmiger Zellen erscheinen (Fig. 242).

Die Innenrinde oder, wo die eben beschriebenen Zellenlagen fehlen, die der Innenrinde entsprechende ganze Rindenlage zeigt hier gleichfalls mannigfache Abweichungen und besitzt nur insofern einen übereinstimmenden Bau, als dieselbe an der Oberseite immer aus dicht aneinanderschliessenden, an der Unterseite häufig aus minder dicht aneinanderschliessenden Zellen besteht. Das Pallisadenparenchym ist bei den Monokotyledonen entweder gar nicht vorhanden (Asphodeleen, Alismaceen) oder

Fig. 243.

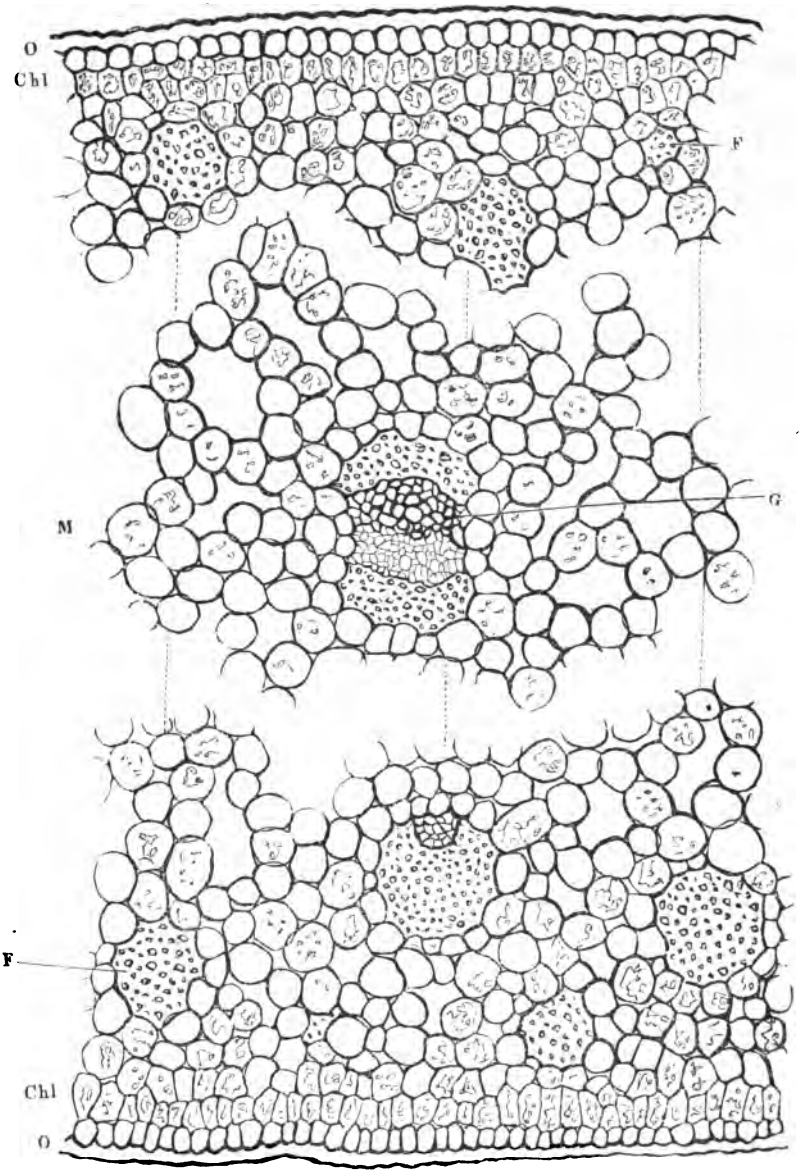


Querschnitt durch ein Fiederblättchen von Phoenix dactylifera. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde der Oberseite, *Chl* Innenrinde, *M* Markgewebe. Vergr. 1 : 120.

es zeigt nur eine geringere, oft kaum merkbare Verlängerung seiner Zellen senkrecht auf die Blattfläche (manche Liliaceen, z. B. Chlorophytum). In anderen soviel ich beurtheilen kann den minder häufigen Fällen ist es kenntlicher entwickelt, so z. B. bei den Musaceen an der ganzen Oberseite, wo es von dem durch die ganze, zwischen der Aussenrinde gelegenen Blattmasse sich erstreckenden Gefässbündel unterbrochen wird, bei manchen Palmen (Fig. 243) u. s. w. Als fremde Elemente erscheinen in dem Parenchym der Rinde — nur bei Pflanzen, denen die Aussenrinde fehlt (?) — vereinzelte Bastbündel (Yucca, Livistonia, Butomus u. s. w.) (Fig. 244), Milchsaftgefässe (Allium), Milchsaftgänge (Alisma), oder einzelne krystallführende längere röhrenförmige Zellen (Tradescantia), während hier und da auch der Basttheil des Gefässbündels bis in sie hinübertritt (Dasylirion, Phormium u. s. w., Fig. 244).

Digitized by Google

Fig. 244.



Theile aus dem äusseren und dem inneren Theile des Querschnittes durch das Blatt von Yucca aloefolia. *O* Oberhaut, *Chl* Rindengewebe, *M* Markgewebe, *FF* Bastfaserbündel in der Blattrinde, *G* markständige Gefässbündel. Vergr. 1 : 120.

Digitized by Google

Der Inhalt des Rindengewebes besteht zum grössten Theile aus stärkehaltigen Chlorophyllkörnern, die mehr oder minder dicht in dem Wandprotoplasma angehäuft sind. Ausserdem erscheinen aber auch theils gelöste, theils geformte anderweitige Bestandtheile, über welche man sich durch die Anwendung der schon aus dem zweiten Abschnitte bekannten Reactionsmethoden zu unterrichten hat. Krystalle des oxalsauren Kalkes trifft man, oft neben den in den schon erwähnten Zellen befindlichen Krystallnadeln, fast überall, entweder in allen Zellen der Aussen- und Innenrinde einzeln oder gehäuft (Tradescantia, Commelina), oder in einer Zellschicht dicht unter der Epidermis (Allium etc.), oder endlich in einzelnen abweichend gebauten Zellen (Iris, Aloe, Yucca, Musa etc.).

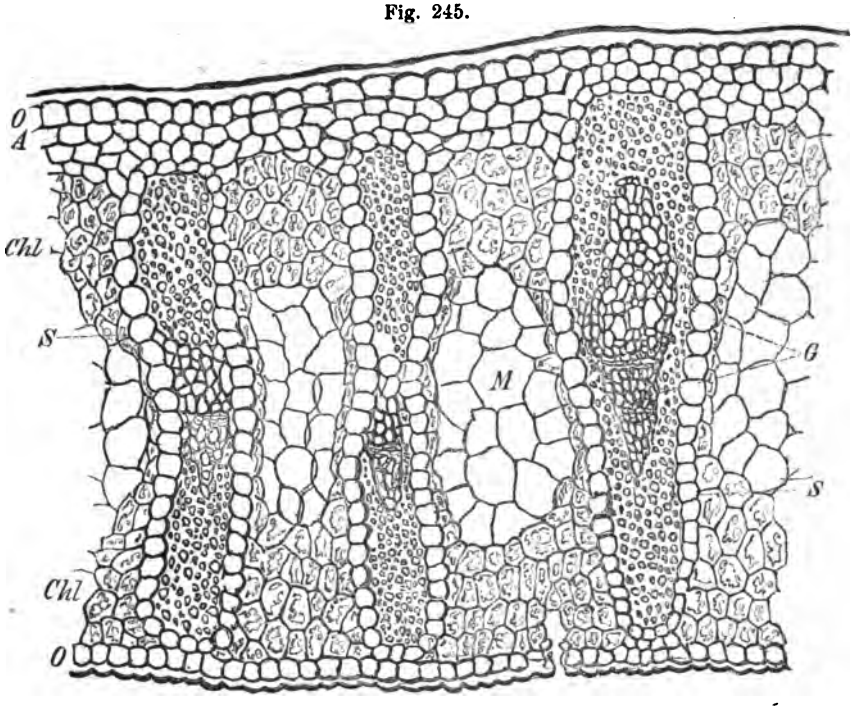
Durch ein sich mehr abrundendes Chlorophyllgewebe geht die Blattrinde mehr oder minder allmälig in das Markgewebe über. Dieses besteht, die Umgebung der Gefässbündel ausgenommen, wo es dichter gewebt erscheint, theils aus rundlichem, grosse Intercellularräume zwischen sich lassendem (Fig. 244), theils aus strahligem Parenchym, welches ein mehr oder minder entschieden ausgesprochenes Schwammgewebe bildet (Fig. 242). In einzelnen Fällen findet sich auch quergestrecktes Parenchym als Markgewebe (Phoenix, Fig. 243). Hier und da ist das ganze Blatt von zahlreichen grossen, durch einzellige Parenchymlagen begrenzten Luftgängen oder Luftlücken durchsetzt (Butomus umbellatus, Musa, Alisma, Calamus), oder es finden sich diese zwischen mächtigeren Parenchymlagen minder zahlreich ein (Bromeliaceen). Dieselben besitzen meistens aus schön sternförmigem Gewebe gebildete Querscheidewände, wie wir dieselben auch in dem Stengel derselben Gewächse finden.

Die Stellung der Gefässbündel ist bei verschiedenen Familien und Gattungen eine verschiedene. Entweder stehen dieselben einzeln und von einer Bündelscheide umgeben, den Nerven entsprechend, inmitten des Markgewebes (manche Lilien und Asphodeleen, Tradescantia u. s. w.), oder sie durchziehen in langgestreckter Form die ganze Breite des Blattes und zwar, wo die Aussenrinde fehlt, von dicht unter der Oberhaut an, wo diese vorhanden ist, von deren Grenze an, die sich um das Bündel als Scheide fortsetzt (Irideen, Phormium [Fig. 245 a. f. S.], manche Bromeliaceen), oder es treten dieselben in mehreren Reihen auf, wie z. B. bei Yucca und bei Dasylirion, wo die grösseren Bündel in der Rinde, welche durch verdickte Zellen (gleichsam ein Analogon des Verdickungsringes) von dem Marke abgeschlossen wird, nebeneinander gereiht sind, während die kleineren in der Mitte des Markgewebes stehen (Fig. 246).

Im Baue zeigen die Gefässbündel kaum eine Abweichung von denen des Stengels, nur findet sich in der Regel der Holzkörper, sowohl was die Anzahl der Gefässe, als was die Holzfasern betrifft, ebenso das Faserbündel des Basttheiles stärker entwickelt (Fig. 242, 243 u. 245). Wo in dem Stengel die als Milchsaftgefäss bekannte eigenthümliche Modification der Bastgefässe (Siebröhren) vorkommt, da bleibt dieselbe auch in den Blät-

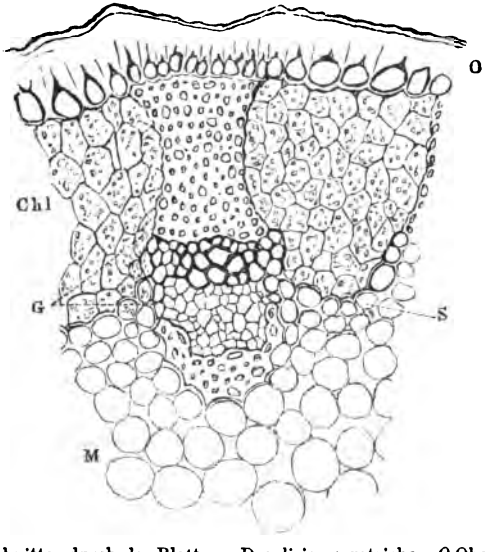
Digitized by Google

Fig. 245.



Querschnitt durch das Blatt von Phormium tenax. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde der Oberseite, *Chl* Innenrinde, *M* Markgewebe, *S* Bündelscheide, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 120.

Fig. 246.



Theil eines Querschnittes durch das Blatt von Dasylirion acrotriche. *O* Oberhaut, *Chl* chlorophyllführendes Rindengewebe, *G* Gefässbündel, *S* scheidenartiges Gewebe, *M* Mark. Vgr. 1 : 120.

Digitized by Google

tern unter ähnlichen oder gleichen Stellungsverhältnissen (Musa, Caladium u. s. w.).

Im Blattstiele treten im Ganzen dieselben Verhältnisse des Baues auf, wie in der Blattspreite. Die Zellen der Epidermis sind indessen in der Regel mehr in die Länge gestreckt, so dass selbst da, wo deren Gestalt in der letzteren isodiametrisch erscheint, sie in den ersteren mehr oder minder in der Achse verlängert wird. Die Spaltöffnungen sind weniger zahlreich, sonst aber in beiden Theilen von gleichem Baue. In einzelnen Fällen tritt zwischen Rinde und Mark ein ganz entschieden ausgesprochener, sogar mächtig entwickelter verholzter Verdickungsring auf (Plectogyne).

Dikotyledonen. — Die Oberhaut ist hier zwischen den Nerven und deren Verzweiglinge stets von auf dem Querschnitt mehr oder minder tafelförmigen, bald vier- bis mehrseitigen polygonalen (Citrus, Hakea), bald strahlig mit geraden Zickzacklinien (Deutzia), oder völlig buchtig ineinandergreifenden (Fagus, Magnolia, Aucuba und überhaupt die Mehrzahl der Dikotyledonen) Zellen gebildet.

Ueber den Nerven weicht die Gestalt der Oberhautzellen in allen Fällen ab (wo diese nicht, wie bei den Crassulaceen, tief im Parenchym liegen), und geht in ein von geraden Seiten begrenztes, mehr oder minder in die Länge gestrecktes und schiefwinkliges Parallelogramm über.

Die secundären Verdickungsschichten sind, soweit meine Beobachtungen reichen, immer nach der Aussenseite vorzugsweise, bald mehr bald minder mächtig entwickelt, nur bei manchen Proteaceen, z. B. Hakea, von Porencanälen durchsetzt.

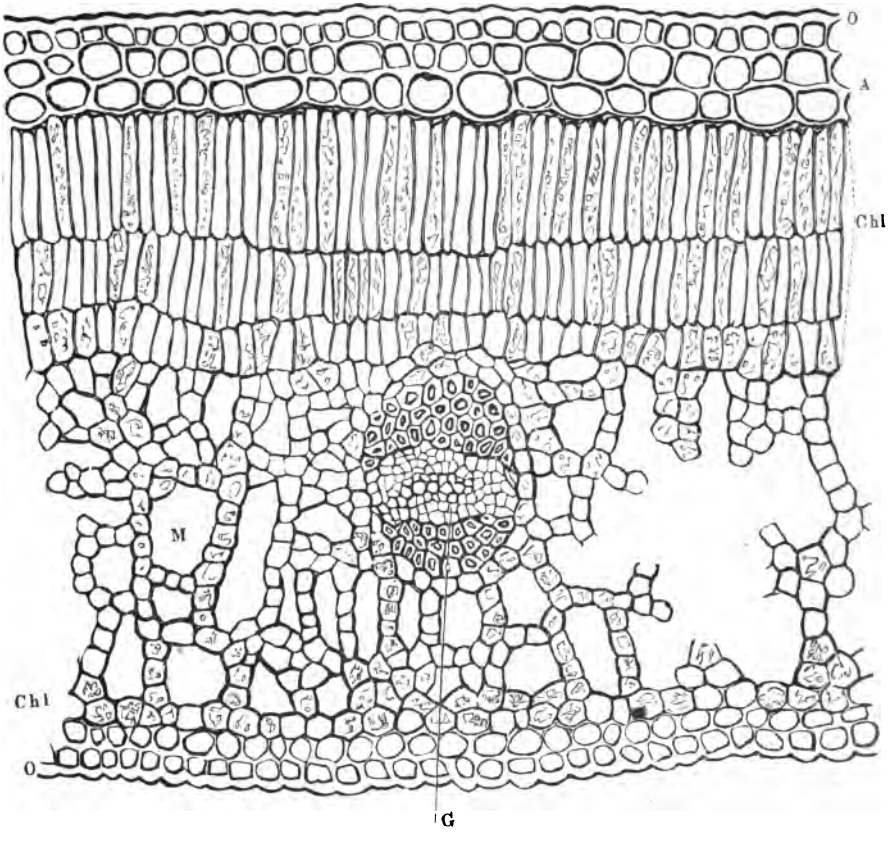
Die Spaltöffnungen fehlen nur den in Wasser untergetauchten Blättern, z. B. den betreffenden Ranunculusarten, und einigen wenigen in der Luft vegetirenden Dikotyledonen (Monotropa und nach Schacht auch Epigogum Gmelini). Bei den auf dem Wasser schwimmenden Blättern (Ranunculus fluitans und Polygonum amphibium) gehören sie nur der Oberfläche an, bei den in der Luft vegetirenden dagegen sind sie meistens nur auf der Unterseite, hier und da aber auch auf beiden Blattseiten vorhanden. Sie sind meistens ohne bestimmte Ordnung zerstreut und mit ihrer Längsachse nach den verschiedensten Seiten gerichtet; nur in einzelnen Familien (Begoniaceen) treten dieselben zu kleineren oder grösseren Gruppen zusammen, während die umgebenden Oberhautzellen davon frei bleiben. Die Schlusszellen liegen in den meisten Fällen in der Epidermiszellenreihe höher oder tiefer; in selteneren Fällen (Hakea, Urostigma) sind sie mehr oder minder tief unter die Oberhaut oder gar in behaarte Gruben (Nerium, Banksia) versenkt.

Die Anhängsorgane der Oberhaut, welche wir in dem zweiten Abschnitte näher kennen lernten, gehören theils nur der unteren (Magnolia), theils beiden Blattflächen an und verdienen die gleiche Beachtung wie die Spaltöffnungen u. s. w.

Digitized by Google

Die Blattrinde der Dikotyledonen lässt mit Ausnahme der über den grösseren Nerven liegenden Stellen, wo dieselbe zum mindesten angedeutet, meistens aber ausgebildet ist (Fig. 247), nur in den selteneren Fällen eine Differenzirung in Aussen- und Innenrinde beobachten. Bei manchen hierhergehörigen Gewächsen ist eine deutliche, meist mehrschichtige Aussenrinde an beiden Blattseiten vorhanden (Urostigma elastica), bei

Fig. 247.



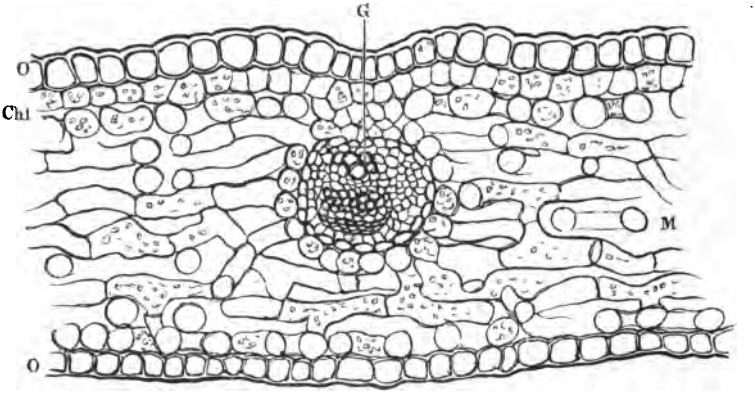
Querschnitt durch das Blatt von Aralia trifoliata. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde, *Chl* chlorophyllführende Innenrinde, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 120.

anderen ist sie nur an einer Seite entwickelt (Magnolia-, Aralia-Arten etc., Fig. 247) und besteht aus bald mehr bald minder grossen, hier und da nach dem Blattinnern etwas verlängerten, mässig verdickten, chlorophyllleeren, dicht aneinanderschliessenden Zellen. Unter den von mir beobachteten Pflanzenarten besitzen die oben genannten, dann Ilex aquifolium, Nerium Oleander, Begonia Prestoniensis, zebrina, Saudersonii u. a., Dipsacus fullonum, Veronica eine Aussenrinde.

Digitized by Google

Die Innenrinde besteht an der Oberseite der Blätter meist und auch dann, wenn dieselbe in der Oberhaut Spaltöffnungen enthält, aus einem deutlichen Pallisadenparenchym, das bald ein- bald mehrschichtig (Fig. 249, 250 u. 247) entwickelt ist und nach Innen durch ein mehr rundliches Gewebe in das Markgewebe übergeht. In einzelnen Fällen wird dasselbe durch isodiometrische chlorophyllführende Zellen ersetzt (Fig. 248). An der

Fig. 248.



Querschnitt aus dem Blatte von Eucalyptus globosus. *O* Oberhaut, *Chl* Rindengewebe der Oberseite, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel. Vergr. 1 : 100.

Unterseite ist die Pallisadenform entweder weniger deutlich ausgeprägt oder sie fehlt ganz und es tritt ein rundliches oder buchtig strahliges Gewebe auf (Fig. 248). Von eigenthümlichem Bau ist das Pallisadengewebe der Hakeaarten, indem es nicht dicht geschlossen ist und von gedrängten oder vereinzelt stehenden an Länge den Pallisadenzellen gleichen verdickten Zellen begleitet wird, welche in der Regel an der Epidermis und dem unter dem Pallisadenparenchym liegenden rundzelligen Chlorophyllgewebe mit verbreiterter Basis angefügt sind.

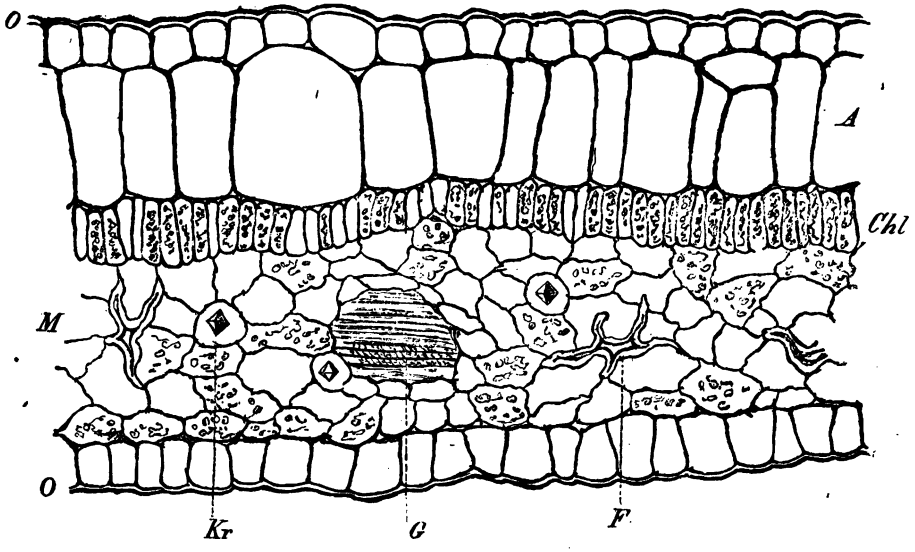
Als fremde Bestandtheile treten in dem Rindengewebe, wo dieselben im Stengel vorkommen, Milchsaftgefässe (Ficus), vereinzelte Bastzellen (Hoya, Olea fragrans, Begonia u. s. w., Fig. 249) oder zierlich verzweigte, kürzere, verdickte Zellen (Magnolia, Begonia, Fig. 249), ferner Behälter eigenthümlicher Säfte, Oeldrüsen und dergleichen (Citrus) auf. Einzelne krystallführende Zellen finden sich bei Pyrus, namentlich über den Gefässbündeln, bei Cytrus dicht unter der Oberhaut, bei Cissus antarcticus unter dem Pallisadengewebe (Fig. 250). In der Aussenrinde von Urostigma elasticum sowie von anderen Urticeen und Acanthaceen treten die eigenthümlich verdickten mit Kalk inkrustirten Zellkörper (Cystolithen) auf.

Inwieweit die aufgeführte Verschiedenartigkeit in dem Baue der Blattrinde, des Vorkommens von fremden Zellenelementen u. s. w. gan-

Digitized by Google

zer Familien, Untergruppen, Gattungen, inwieweit sie in diesen Kreisen nur gewissen Arten eigen sind, müssen vergleichende, darauf berechnete Untersuchungen darthun, für welche hier noch ein fruchtbares Feld sein dürfte.

Fig. 249.



Querschnitt aus dem Blatte von Begonia Lebrina. *O* Oberhaut, *A* Aussenrinde, *Chl* Innenrinde der Oberseite, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel (schief durchschnitten), *Kr* krystallführende Zellen, *F* verästelte bastfaserartige Zellen. Vergr. 1 : 120.

Das Markgewebe besteht aus mehr oder minder rundlichen (Fig. 250), oder aus unregelmässigen, buchtig strahligen Parenchymzellen und bildet in manchen Fällen ein deutlich ausgesprochenes Schwammgewebe (Fig. 249). Hier und da geht dasselbe auch in ein quergestrecktes Parenchym über (Magnolia). In anderen Fällen lässt es grosse Luftlücken und Luftgänge zwischen sich (Aralia, Fig. 247).

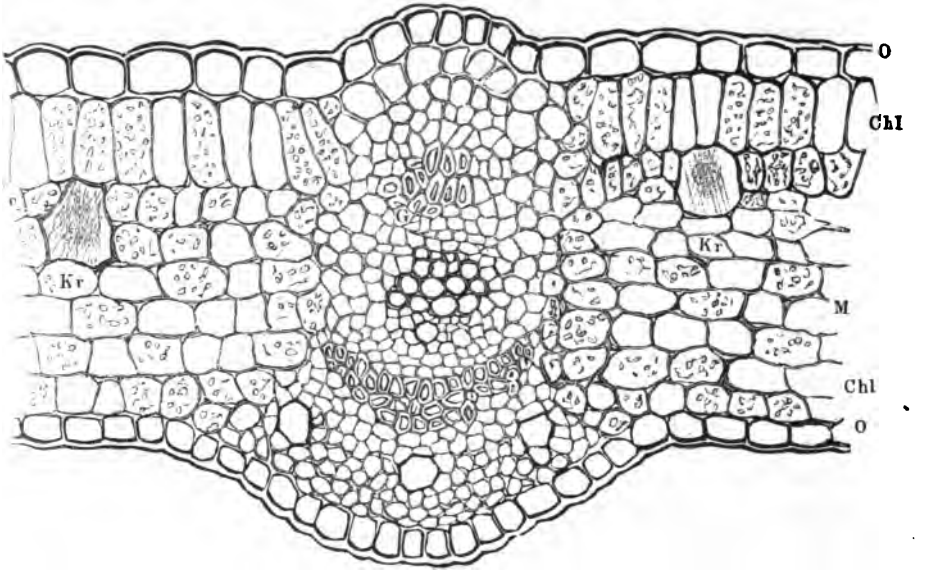
Die Gefässbündel lassen in der Regel sämmtliche Elemente beobachten, welche wir auch in dem Stamme finden (Fig. 250). Namentlich sind diejenigen der Hauptnerven vollständig und häufig auf dem Querschnitt von der Ober- bis zur Unterseite hin in langgezogener Form, oder allseitig um ein centrales Markparenchym gleichmässig entwickelt. Die Gefässbündel haben ihren Basttheil der Unter-, den Holztheil der Oberseite zugewendet und sind hier und da von einem Ringe dickwandiger Faserzellen umgeben.

Zur Untersuchung des histiologischen Baues der Laubblätter, der höheren Gewächse bedarf es der Querschnitte durch verschiedene Stellen und in verschiedenen Richtungen, um dadurch die Lagerungsverhältnisse der verschiedenen Gewebepartieen, den Bau der Spaltöffnungen, die Ver-

Digitized by Google

bindungsweise der Haare, Schuppen mit den Epidermiszellen zu ermitteln. Demnächst dünne oberflächliche Flächenschnitte an beiden Seiten

Fig. 250.



Querschnitt aus dem Blatte von Cissus autareticus. *O* Oberhaut, *Chl* chlorophyllführendes Rindengewebe, *M* Markgewebe, *G* Gefässbündel, *Kr* krystallführende Zellen. Vergr. 1 : 180.

zur Ermittelung der Formverhältnisse der Oberhautzellen, der Vertheilung der Spaltöffnungen, während tiefere ähnliche Schnitte über den Bau der Rinde, des Markgewebes und der Gefässbündel Aufschluss zu ertheilen haben. Für die genaue Kenntniss der Zusammensetzung der letzteren müssen Längsschnitte senkrecht zur Blattfläche geführt und zur Ermittelung der Gestalt und des feineren Baues der einzelnen Elementarorgane durch Maceration isolirte Zellen der Betrachtung unterworfen werden.

2. Die Blüthenhüllblätter.

Der Kelch. — Der Kelch und die kelchartige Blüthenhülle zeigen in ihrem Bau eine ziemliche Uebereinstimmung mit jenem des Laubblattes. Die Oberhaut besitzt auf der Unterseite Spaltöffnungen, während sie der Oberseite fehlen; auch treten bei ihr die schon früher betrachteten Anhangsorgane auf. Ihre Zellen sind in der Regel mehr oder minder einseitig verdickt. Eine so bestimmte Scheidung in Rinden- und Markgewebe, wie es bei dem Laubblatte der Fall ist, tritt hier nicht auf,

Digitized by Google

indessen lässt sich doch häufig ein äusseres, dichteres Parenchym von einem lockereren inneren, hier und da schwammförmigen Gewebe unterscheiden.

Die Gefässbündel sind weniger ausgebildet wie in dem Blatte. Sie enthalten meistens nur Ring- und Spiralgefässe, seltener einzelne netzförmige oder poröse Gefässe (Althea rosea), ebenso sind die faserförmigen Elemente nur schwach entwickelt.

Die Blumenkrone. — Die Oberhaut, welche sich durch ihre meist in die Länge gestreckte, bald geradlinige, bald buchtige Form ihrer Zellen in der Flächenansicht auszeichnet, ist hier weit weniger derbzellig wie bei dem Kelch und bildet die als Epiblem bezeichnete Form derselben. Während ihr die Spaltöffnungen durchgehends fehlen, tritt eine grosse Mannigfaltigkeit in der Entwickelung von papillen- und haarförmigen Erhebungen hervor, die namentlich von Einfluss auf die Verschiedenartigkeit des Glanzes sind.

Die Hauptmasse des Zellgewebes besteht bei den gefärbten Blumenblättern aus auf dem Querschnitt meist regelmässigen, nahezu vierseitigen Zellen, zwischen denen die nur schwach entwickelten Gefässbündel verlaufen, welche in der Regel nur einige wenige Ring- und Spiralgefässe nebst zartwandigen, gestreckten, dem Baste angehörigen Zellen enthalten und bei den milchenden Gewächsen von Milchsaftgefässen begleitet werden.

Von besonderem Interesse für die histiologische Betrachtung des Blumenblattes wie der gefärbten Perigonblätter wird die Vertheilung der Farbstoffe, über deren sonstige Verhältnisse wir bereits in dem ersten Abschnitte gehandelt haben, in den verschiedenen Zellschichten.

Die verschiedenen Verhältnisse, welche hier vorkommen können, sind folgende. Erstens es enthalten sämmtliche Zellen Farbstoffe, und zwar entweder die gleiche Farbe in allen Schichten, woraus die reinen Farben resultiren, oder verschiedene Farben in verschiedenen Schichten, welche Vertheilung dann die Mischfarben erzeugt.

Zweitens es sind nur die äusseren Zelllagen beider Seiten oder die äussere Schicht der Oberfläche gefärbt, während das übrige Zellgewebe einen farblosen Zellsaft führt. Ist der in diesen äussersten Schichten vorhandene Farbstoff nur ein einzelner, so ertheilt er der Blume die entsprechende Farbe, enthalten dieselben dagegen verschiedene Farbstoffe, welche in der Regel so vertheilt sind, dass in einem gefärbten Zellsafte geformte Farbstoffkörperchen anderer Art gelagert sind, so gehen daraus je nach den vorhandenen selbstständigen Farben verschiedene Mischfarben hervor.

Drittens bleiben die äussersten Zellschichten ungefärbt, während ein Theil oder alle inneren Parenchymlagen die Farbstoffe enthalten.

Für das Studium aller hier vorkommenden Verhältnisse können zarte Flächenschnitte in Verbindung mit Querschnitten dienen. Letztere

Digitized by Google

sind namentlich dann erforderlich, wenn man die Vertheilung der Farbstoffe in dem Zellgewebe zu ermitteln beabsichtigt.

IV. Fortpflanzungsorgane.

1. Fortpflanzungsorgane der Kryptogamen.

Pilze.

Organe der geschlechtslosen Fortpflanzung.

Die geschlechtslose Fortpflanzung der Pilze geschieht durch einfache Zellen, Sporen, welche je nach ihrer Entstehungsweise, ihrem Bau u. s. w. die Namen Schwärmsporen, Stylosporen u. s. f. tragen. Diese Sporen entstehen in oder an bestimmt geformten Zellen, welche im Allgemeinen als Sporenmutterzellen oder Sporangien bezeichnet werden, nach ihren verschiedenen Entwickelungsweisen und Stellungsverhältnissen aber gewöhnlich verschiedene Namen erhalten, wie Asci, Basidien u. s. w. In manchen erst durch die neueren Forschungen bekannt gewordenen Fällen kommen einer und derselben Pilzart mehrere Formen von Organen für die geschlechtslose Fortpflanzung zu. Weiter ausgedehnte Forschungen dürften ein gleiches Verhältniss in noch weiterem Umfange darthun, wodurch es gelingen würde, für viele als gesonderte Arten betrachtete Entwickelungsformen einer Art die verknüpfenden Fäden zu finden.

Die Entstehungsweise der Sporen ist zweifacher Art, indem sie entweder innerhalb ihrer Mutterzellen durch freie Zellenbildung oder durch Zelltheilung, wozu auch die sogenannte Abschnürung zu rechnen ist, gebildet werden.

Ruhesporen der Ascomyceten. — Bei dieser Gruppe, zu der mehrere Pilzfamilien gehören, entwickeln sich auf dem Fruchtkörper oder aus dem Lager unmittelbar in grösserer oder kleinerer Anzahl die Sporenschläuche in Form von Astzellen bestimmter Fäden des Pilzgewebes und vereinigen sich in der Regel mit zwischen sie gedrängten ein- bis mehrzelligen, meistens unverästelten, haarförmigen, mehr oder minder zahlreichen Fäden, den sogenannten Paraphysen, zu dem Hymenium (Fig. 251 u. 252 a. f. S.).

Die Sporenschläuche sind theils in die Länge gestreckt (Peziza, Helvella, Morchella, Sphaeria u. s. w., Fig. 251), theils kugelig (Tuberaceen, Fig. 253), bald von einer zarten (manche Pezizaarten, z. B. Melaena, Morchella), bald von einer einseitigen an der Spitze verdickten (Peziza leucoloma, Sphaeria typhina) und von einem Porencanal durchbrochenen, bald von einer allseitig verdickten (Sphaeria) und hier und da geschichteten Zellhülle umkleidet, welche sich in vielen Fällen durch Jodlösung bläut.

Digitized by Google

Zur Zeit der Entstehung der Sporen sondert sich das vorher gleichartige, feinkörnige, einige Vacuolen enthaltende Protoplasma meistens in

Fig. 253.

Fig 251. Fig. 252. Fig. 254.

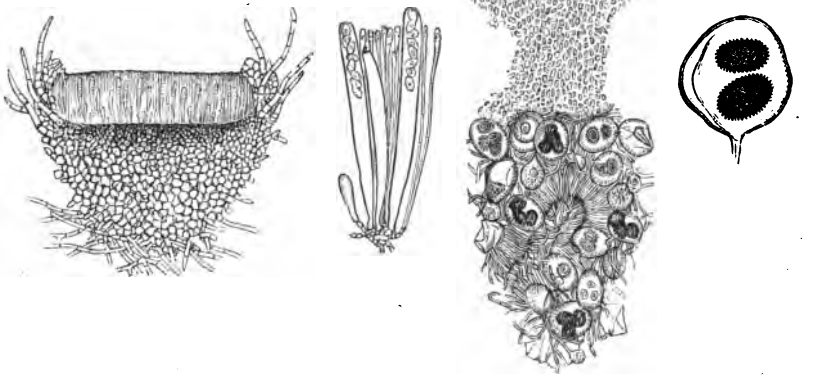


Fig. 251. Querschnitt durch den Fruchtkörper von Ascolobus pulcherrimus. — Fig. 252. Theil eines solchen Querschnittes mit Sporenschläuchen auf verschiedenen Entwickelungsstufen; stärker vergrössert. — Fig. 253. Schnitt aus dem Fruchtkörper der Trüffel (Tuber melanosporum). — Fig. 254. Ein einzelner Sporenschlauch daraus mit zwei reifen Sporen.

zwei deutlich unterscheidbare Schichten, eine homogene, mehr oder minder stark lichtbrechende (Epiplasma de Bary), welche entweder vollständig wandständig, oder bei den gestreckten Sporenschläuchen den oberen und unteren, oder nur den unteren Theil erfüllend erscheint, und eine körnige, welche entweder einen mehr oder minder aus dem Centrum gerückten kugeligen Hohlraum (Tuber), eine mittlere Querzone, oder nur den oberen Theil des Sporenschlauches einnimmt.

Die Entstehung der Sporen ist hier überall die gleiche, wie sie weiter oben (Abschnitt I., Seite 47) von Peziza geschildert wurde, und ist nur zu bemerken, dass sich das Vorhandensein der Tochterzellkerne nicht überall gleich deutlich beobachten, ja manchmal gar nicht nachweisen lässt.

Die Anzahl der in einem Sporenschlauche entstehenden Sporen scheint ziemlich constant zu sein. So beträgt dieselbe für die Mehrzahl der Pilze aus den Familien der Discomyceten und Pyrenomyceten 8, während sie bei einzelnen Arten 2, 4, 16, bei noch anderen eine höhere, dann aber nicht in regelmässig aufsteigender oder absteigender Reihe enthält. Bei den Tuberaceen unterliegt die Zahl grösseren Schwankungen, indem bald 4 bis 6, bald aber auch nur 1 bis 3 Sporen gefunden werden, was wahrscheinlich damit zusammenhängt, dass von den jugendlichen Sporen eine und die andere im Laufe der Entwicklung abstirbt und aufgesogen wird.

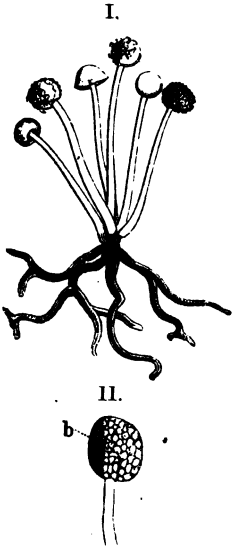
Zum Studium der Entwickelungsgeschichte der Sporenschläuche sowohl, als der Sporen müssen dem Fruchtlager auf den verschiedenen Stufen seiner Entwickelung mässig dünne Schnitte entnommen und,

Digitized by Google

wenn erforderlich, die ersteren durch die Nadel unter dem Präparirmikroskope soweit als möglich blossgelegt werden. Die Anwendung von wasserentziehenden und färbenden Reagentien wird dann ausserdem in manchen zweifelhaften Fällen wünschenswerthe Aufschlüsse gewähren, während da, wo man den Entwickelungsprocess ungestört und in seiner Reinheit zu beobachten wünscht, die Umhüllung der Präparate mittelst einer der Bd. I. S. 271 beschriebenen Zusatzflüssigkeiten zu geschehen hat.

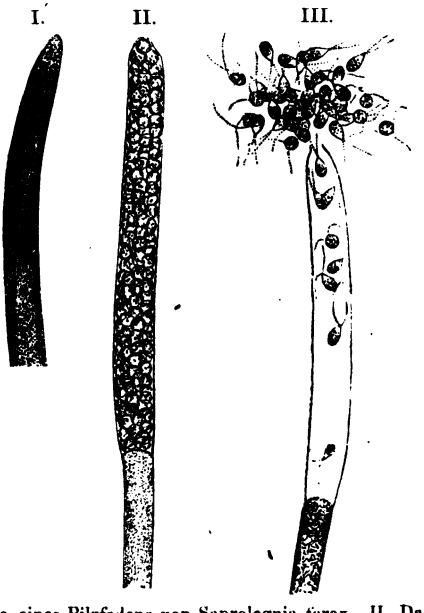
Ruhesporen der Uredineen. — Die Sporenmutterzelle ist hier eine mehr oder minder kugelförmige, von einer zarten Hülle umgebene Zelle, welche als Endzelle der fruchttragenden Fäden erscheint. Die Entwickelung der hier immer in sehr grosser Anzahl vorhandenen Sporen erfolgt in derselben Weise durch freie Zellenbildung, wie dies von den Schwärmsporen der Ulothrix weiter oben geschildert wurde (Fig. 255 I. u. II.).

Fig. 255.



Ascophora Mucedo.
I. Ganze Pflanze mit 6 Sporangien in verschiedenen Entwickelungszuständen; stark vergrössert.
II. Einzelnes Sporangium mit den Sporen *b*. Vergr. 1 : 200.

Fig. 256.



I. Ende eines Pilzfadens von Saprolegnia ferax. II. Das Protoplasma des Fadenendes hat sich zu Kugeln zusammengeballt. III. Die Kugeln haben 2 Wimpern erhalten und treten als Schwärmsporen aus der Zelle aus. Vergr. 1 : 300.

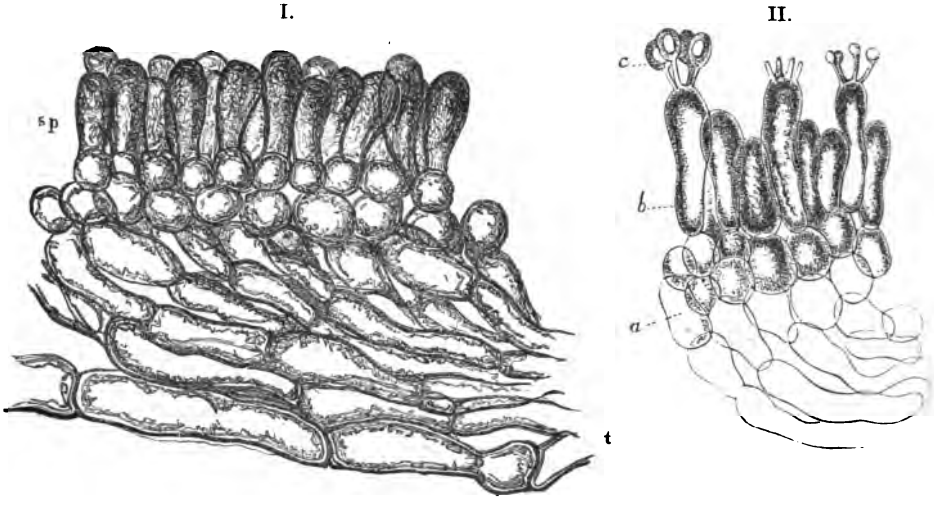
Schwärmsporen. — Schwärmsporen sind bei den Pilzen bis jetzt nur bei den im Wasser lebenden Saprolegnieen und bei den Peronosporeen aufgefunden worden. Dieselben entstehen in Endzellen der Fäden, welche sich meistens erweitern und von denen entweder je nur eine oder mehrere nach einander aus demselben Schlauche hervorgehen, ganz in der Weise wie die Schwärmsporen der Algen durch freie Zellenbildung, und werden durch Zerreissen am Ende oder an der Seite frei (Fig. 256 I., II. u. III.).

Digitized by Google

Durch Abschnürung entstandene Ruhesporen. — Der Entwickelungsprocess ist hier insofern ein verschiedener, als entweder gleichzeitig und nur einmal von derselben Mutterzelle eine kleine Anzahl von Sporen abgeschnürt werden, oder mehrere Abschnürungen nach einander erfolgen.

Die meistens in keulenförmiger Gestalt auftretenden, zartwandigen Mutterzellen haben bei dieser Gruppe der Pilze den Namen Basidien (Sporenträger) erhalten, weil die Sporen vor ihrer Abschnürung derselben auf ihrer oberen Wand aufgesetzt erscheinen. Bei den Hymenomyceten und Gasteromyceten, wo dieselbe Mutterzelle nur einmal Sporen abschnürt, stehen die Basidien in Begleitung von mehr oder minder deutlich ausgesprochenen Paraphysen bei den ersteren in grosser Zahl bei einander senkrecht auf der Hymenialschicht, während sie bei den letzteren die Kammern des Fruchtträgers fast vollständig ausfüllen. Sie entstehen aus den Fäden des unter dem Hymen gelegenen Gewebes und bilden Endzellen derselben, die sich theils durch ihre oben beschriebene Gestalt, theils durch ihren feinkörnigen, hier und da von Vacuolen unterbrochenen protoplasmatischen Inhalt auszeichnen (Fig. 257 I. u. II.).

Fig. 257.



I. Schnitt durch die Lamelle von Amanita muscaria. *sp* Sporenträger. Vergr. 1 : 360.
II. Partie eines Längsschnittes durch die Fruchtlamelle von Amanita rubescens. *a* Scheinparenchym, *b* Basidien, *c* Sporen. Vergr. 1 : 400.

Die sich zur Sporenbildung anschickenden Mutterzellen sind in den meisten Fällen daran kenntlich, dass sie 2 bis 4 stielrunde, pfriemenförmige Ausstülpungen aus ihrer abgerundeten Spitze emportreiben. Etwas spätere Zustände, in denen das Stielchen seine definitive Länge erreicht hat, welche bei verschiedenen Gattungen und Arten wechselt, zeigen eine Anschwellung dieser letzteren an ihrer Spitze, welche sich solange vergrössert, bis

Digitized by Google

sie die Gestalt und Grösse der fertigen Sporen erreicht hat. Zu gleicher Zeit tritt der Inhalt der Basidie in diese Anschwellungen mehr oder minder vollständig über, es verdickt sich die Hülle der Tochterzellen und schliesslich grenzen sich dieselben an der Spitze des Stielchens, aber etwas unterhalb der Peripherie der ersteren, von ihrer Mutterzelle ab (Fig. 257 II.).

Wo dieselbe Mutterzelle mehrmal hintereinander Sporen abschnürt, deren Entwickelungsgang übrigens mit dem eben beschriebenen im Wesentlichen übereinstimmt, da bilden sich entweder sogenannte Sporenköpfchen (Dactylium macrosporum [Fr.], Sphaeria typhina [Cord.]), oder einfache (Penicillium glaucum, Erysiphe) oder verästelte Sporenketten (Dermatium vulgare, Penicillium olivaceum). Die erstere Form wird dadurch bedingt, dass neben zuerst auf der Spitze entstandenen Sporen, dicht neben deren Ansatzstelle, aus dem Stielchen eine neue Anschwellung hervortreibt und jene zur Seite drängt, um die Spitze des Stielchens einzunehmen und sich zur Spore auszubilden und dieser Process sich noch mehremale wiederholt. Die andere wird dadurch hervorgerufen, dass unter der ersten Spore an der Spitze des Stielchens eine zweite Anschwellung entsteht und sich zur Spore entwickelnd jene senkrecht vor sich herschiebt u. s f. Die dritte Form ist wesentlich davon abhängig, dass auf derselben Basidie mehrere bis zahlreiche Sporenanfänge auftreten und aus den Enden der jungen Sporen endständig oder mehrseitig neue Sporenanfänge hervorsprossen.

Sporenbildung durch Theilung.

Aus dieser Art der Sporenbildung gehen jene Vereinigungen von Fortpflanzungszellen hervor, welche man wohl als zusammengesetzte Sporen bezeichnen kann und wie sie z. B. bei Puccinia, Phragmidium, bei manchen Sphaerien u. s. w. vorkommen. In einer Mutterzelle entstehen hier, ganz wie bei der vegetativen Zelltheilung (ein vollkommenes Analogon bietet die Theilung der Spore von Pellia), zwei bis mehrere Tochterzellen, welche bald reihenweise, bald flächenartig, bald nach allen drei Dimensionen des Raumes zusammengeordnet sind, Zellreihen, Zellflächen oder Zellkörper bilden, und von denen jede einzelne keimungsfähig ist.

Fig. 258.

Zusammengesetzte Spore von Sphaeria Scirpi, nach de Bary. Vergr. 1 : 390.

Zum Studium der betreffenden Entwickelungsvorgänge bei der Sporenbildung durch Abschnürung und normale Theilung dienen bei den Hymenomyceten und Gasteronomyceten feine Schnitte durch den Fruchtträger resp. das Hymenium und die Fruchtkammer, wobei der Umstand noch sehr zu statten kommt, dass man hier häufig eine ganze Reihe von Entwickelungszuständen beisammen erhält, indem verschiedene Basidien verschieden weit fortgeschrittene Stadien enthalten. Für die übrigen Familien und Gattungen genügen oft einfache Präparationsweisen, die sich je nach

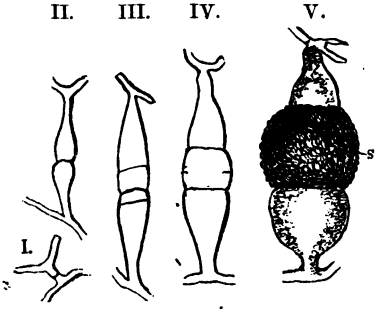
Digitized by Google

den waltenden Umständen zu richten haben. Bei manchen wird indessen ein Schnitt durch dasjenige Organ der höheren Pflanze verlangt, auf welchem der betreffende Pilz seinen Standort hat.

Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung.

Der am längsten bekannte und einfachste Befruchtungsvorgang bei den Pilzen besteht in der Copulation, welche bisher nur bei zwei Arten der Mucorinen, nämlich Rhizopus nigricans und Syzygites megalocarpus, beobachtet wurde. Der Prozess ist ziemlich einfach. Wo zwei Schlauchzellen sich berühren, da treiben sie zwei anfangs cylindrische, den Schlauchzellen gleichende Aussackungen einander entgegen (Fig. 259), die mit ihren Enden fest aneinander hängen und zu grossen keulenförmigen Körpern, den Fruchtträgern, heranwachsen. Nach und nach füllen sich die beiden Keulen dicht mit körnigem Protoplasma an und es trennt sich nach Erreichung einer bestimmten Grösse der obere breitere Theil durch eine Scheidewand von dem unteren Basaltheile, der zum Träger der Spore wird. Die beiden Copulationszellen, welche bei Rhizopus von ungleicher Grösse sind und von denen die eine mehr scheibenartig, die andere cylindrisch erscheint, bleiben noch eine Zeit lang nach der Vereinigung durch eine doppelte Wand getrennt. Bald indessen wird diese durchlöchert, verschwindet nach und nach gänzlich und die beiden Zellen verschmelzen zu einer einzigen Fortpflanzungszelle, der sogenannten Zygospore, welche noch fortwächst und eine verhältnissmässig bedeutende Grösse bis zu 0,2 Mm. erreichen kann. Ausgewachsen haben diese Sporen eine tonnenförmige Gestalt, besitzen einen grobkörnigen, protoplasmatischen, mit grossen Oeltropfen gemengten Inhalt und eine stark verdickte, aus zwei Schichten, dem Exosporium und Endosporium, zusammengesetzte Hülle. Das erstere nimmt eine blauschwarze Färbung an und ist auf seinen freien Aussenflächen mit dicken, nach innen concaven Warzen besetzt, das andere ist farblos und mit in jene des Exosporiums hineinragenden Warzen bekleidet.

Fig. 259.



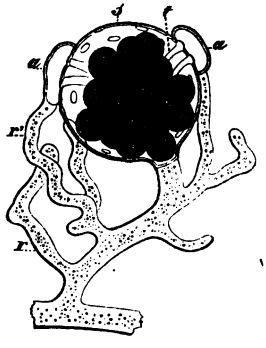
Bildung der Jochsporen bei Rhizopus nigricans. Entwickelungsfolge nach den Zahlen. V. mit reifer Spore *s*. Vergr. 1 : 60.

Ein mit jenem der höher stehenden Algen verwandter Befruchtungsvorgang, bei dem zwei verschieden gebaute Zellen thätig sind, ist erst in neuerer Zeit entdeckt worden und mit Sicherheit nur bei den Saprolegnieen und Peronosporeen beobachtet. Das weibliche Organ oder Oogonium (Pringsheim) entsteht als grosse, kugelige, dicht mit Protoplasma an-

Digitized by Google

gefüllte Zelle entweder auf den Enden kurzer Aeste der Schlauchzellen des Lagers oder seltener inmitten der Pilzschläuche. Nachdem das Oogonium ausgewachsen ist, gehen aus dessen Inhalt entweder mehrere kugelige, blos von der Zellhaut umkleidete Zellen (Saprolegnia) oder nur eine einzige von einer wässerigen oder doch nahezu homogenen Flüssigkeit umhüllte Zelle (Pythium, Peronospora, Saprolegnia), die Keimzelle (Befruchtungskugel Pringsheim's), hervor. Noch während das Oogonium in seiner Entwickelung begriffen ist, wachsen von demselben Schlauche, der es trägt, oder von benachbarten Schläuchen des Lagers aus eine (Peronospora) oder mehrere (Saprolegnia) dünne, cylindrische, hier und da gekrümmte oder sich um den Oogoniumträger windende Aeste gegen dasselbe heran und legen sich mit ihren freien Enden fest gegen seine Zellhülle an. Jetzt hört deren Längenwachsthum auf, dagegen schwellen sie in ihrer sich mit Protoplasma mehr oder minder stark anfüllenden Spitze an und grenzen sich durch eine Querwand zu einer selbständigen, länglichen, gekrümmten, dem Oogonium fest mit ihrer concaven Seite anliegenden Zelle, dem Antheridium, ab. Auf dieser Entwickelungsstufe der beiden Fruchtorgane treiben die letzteren einen oder mehrere schlauchförmige Fortsätze, welche die Zellstoffhülle des Oogoniums durchbohren und bis zwischen oder an die Aussenseite der Keimzelle in dasselbe hineinwachsen. Dort angelangt bleiben diese Fortsätze entweder geschlossen (Peronospora) oder sie öffnen sich an der Spitze und lassen kleine, in lebhafter Bewegung begriffene Körperchen austreten (Saprolegnia), welche wohl als die befruchtenden Elemente, d. h. die Samenfäden, zu betrachten sein dürften. Jetzt erst umkleidet sich die Keimzelle mit ihrer Zellstoffhülle und wird zur sogenannten Oospore.

Fig. 260.



Saprolegnia monoica. Befruchtungsvorgang, *a* Antheridien, *t* Befruchtungsschläuche, welche in das Oogonium *s* eindringen, *r* und *r'* Mycelfäden.

Man hat die Pilzarten, welche den eben geschilderten Befruchtungsprocess beobachten lassen, als monöcische bezeichnet. Bei einer anderen Gruppe (Achlya dioica und Saprolegnia dioica) finden sich dagegen nach den Beobachtungen von Pringsheim auf getrennten Pilzschläuchen Organe, welche als Antheridien zu betrachten sind. Hier theilen sich nämlich dicke aus dem Lager sich erhebende Schläuche durch Querscheidewände in Längsreihen cylindrischer Zellen, welche die Antheridien vorstellen. Bei Saprolegnia zerfällt deren ganzer Inhalt in kleine stabförmige Samenkörperchen, welche in lebhafter Bewegung aus einer kurzen sich öffnenden Ausstülpung entlassen werden; bei Achlya entwickeln sich zunächst Samenfadenzellchen, in denen dann die stabförmigen Körperchen entstehen, welche erst die Wand der ersten durchbrechen und dann entlassen

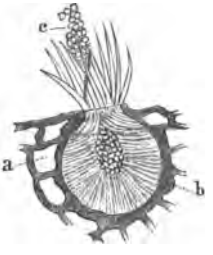
Digitized by Google

werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach treten die Samenkörperchen in die bei diesen beiden Arten sich vorfindenden Oeffnungen der Oogoniumzellhülle ein und bewirken so die Befruchtung der Keimzellen. Einige andere Vorgänge, welche wohl ebenfalls als Befruchtungsprocesse zu deuten sein dürften, bedürfen noch näherer Aufhellung, wie überhaupt auf diesem Gebiete noch manches Dunkel zu lichten und ein weites Feld für fruchtbare Forschungen namentlich der sich mit den Pilzen ausschliesslicher beschäftigenden Mikroskopiker vorhanden ist. In dieses Gebiet der noch zweifelhaften Organe gehören namentlich auch die Spermatien genannten kleinen, stabförmigen oder ovalen, häufig gekrümmten Körperchen, welche sich namentlich bei den Ascomyceten und Uredineen finden. Die Spermatien finden sich theils zugleich mit Ascis (Peziza benesuada, nach eigenen Beobachtungen auch Peziza leuculoma), theils in besonderen Hymenien (Cenangium Fraxini Tul., Peziza arduennensis Mont. und mehreren Dermateaarten). Dieselben entwickeln sich theils unmittelbar aus dem Hyphen (Fig. 261), theils in besonderen Behältern, Spermagonien (Fig. 262), werden entweder einzeln oder reihenweise auf der Spitze von einfachen, kurzen und schmalen (Uredoarten), oder mehrfach verästelten, ebenfalls schmalen Fäden (Peziza leuculoma), oder in letzterem Falle auch hier und da seitlich (Peziza benesuada u. a.) abgeschnürt und entstehen in der Regel in grosser Menge beieinander.

Fig. 261.

Spermatien abschnürende Fäden umgeben den Sporenschlauch eines Becherpilzes (Peziza).

Fig. 262.



Puccinia graminis. *a* und *b* Zellen der Nährpflanze (Berberis vulgaris), das Spermogonium entleert die Spermatien *c*. Vergr. 1 : 200. Nach de Bary.

Bau der Sporen. — Der Bau der Sporen, namentlich der Ruhesporen, wird für die systematische Anordnung der Pilze von Wichtigkeit und bedarf deshalb der aufmerksamsten Berücksichtigung.

Was zunächst den allgemeinen Bau betrifft, so besitzen alle eine Zellhülle, in der man mehr oder minder deutlich zwei Schichten, die Aussenhülle, Exosporium, und die Innenhülle, Endosporium, unterscheiden kann, und von denen die eine oder die andere oder beide stärker verdickt und geschichtet sein können.

Die Aussenhülle erscheint meist in verschiedener Weise gefärbt, seltener farblos; ihre Oberfläche ist entweder glatt oder mit nach Aussen vorstehenden Verdickungen versehen, welche die Form von Warzen,

Digitized by Google

Stacheln, welligen Streifen, netzförmig verbundenen Leisten annehmen und in verschiedener Stärke entwickelt sein können.

Die Innenhülle ist glatt, meist farblos oder doch nur wenig gefärbt und von ziemlich weicher Beschaffenheit.

Bei manchen Arten lassen sich in der Zellhülle Poren beobachten, welche in meist bestimmter Zahl, sowie in regelmässiger Stellung und Vertheilung auftreten und insofern für die Charakterisirung von Wichtigkeit werden.

Um die chemische Beschaffenheit sowie die Structur der Zellhülle zu erforschen, bieten die verschiedenen bei der Untersuchung der Zellhülle überhaupt angewandten Reagentien oft treffliche Mittel. Namentlich empfiehlt sich für den letzteren Zweck der Gebrauch von concentrirter Schwefelsäure.

Ueber der eigentlichen Hülle scheiden sich nicht selten noch eigenthümliche Anhängsel und Umhüllungen von einer weichen gallertartigen, in Wasser stark quellenden und schliesslich zerfliessenden Masse aus, die für die specifische Charakteristik ebenfalls nicht ohne Wichtigkeit sein dürften und daher nicht ausser Acht gelassen werden sollten.

Der Zellkern fehlt im jungen Alter keiner Spore, lässt sich aber in höherem Alter oft nur schwer oder gar nicht erkennen, weil er durch den dann veränderten Inhalt verdeckt wird. Um denselben aufzufinden bedarf es daher meistens einer sorgfältigen Verwendung der optischen und chemischen Hilfsmittel, namentlich auch der die Oele lösenden. Ausserdem hat man wohl darauf zu achten, dass man nicht andere Inhaltskörper mit demselben verwechselt und so — wie das hier und da geschehen ist — Dinge für Zellkerne anspricht, welche es durchaus nicht sind.

Der Inhalt besteht aus einem meist homogenen, seltener körnigen Protoplasma, welches entweder als Wandbeleg eine wässerige Zellflüssigkeit einschliesst oder fast das ganze Innere einnimmt und in der Regel ungefärbt oder nur schwach gelblich erscheint. Dasselbe schliesst häufig mehr oder minder zahlreiche Tröpfchen von fettem Oele ein, die bald regellos vertheilt sind, bald an bestimmten Stellen auftreten, wie z. B. bei den elliptischen Sporen einzelner Pezizen, wo in jeder Spore zwei Oeltropfen in die beiden Brennpunkte der Ellipse gestellt sind.

Flechten.

Für die Flechten ist bis jetzt nur eine ungeschlechtliche Fortpflanzung entweder durch Sporen oder durch Soredien bekannt. Einige andere mit der Fortpflanzung wohl in einer oder der anderen Weise zusammenhängende Organe, die Spermatien und Pycniden, sind ihrer Function nach noch nicht näher erforscht.

Digitized by Google

Fortpflanzung durch Sporen. — Die Sporen entstehen in Sporenschläuchen, Asci, welche zu einem besonderen Fruchtstande, dem Apothecium, vereinigt beisammenstehen.

Die Apothecien sind theils ähnlich gebildet wie die Fruchtbecherchen der Pezizen u. s. w., theils gleichen sie den sogenannten Perithecien der Pyronomyceten. Dieselben zeichnen sich bei manchen Flechtengattungen durch eine eigenthümliche Färbung (Cladonia, Peltigera u. s. w.) oder durch eine körnige Bereifung aus (Hagenia). Erstere gehört theils der Zellhülle an, theils wird sie durch eine structurlose Masse hervorgerufen, welche der Hymenialfläche aufgelagert ist; letztere bildet eigenthümliche körnige Einlagerungen, wie sie auch häufig in dem Lager vorkommen.

Die Sporenschläuche (Asci, Fig. 263) entstehen aus sich schon in den frühesten Anlagen der Apothecien differenzirenden Zellenfäden, welche reicher an Protoplasma, dicker und ohne Querwände sind und sich zahlreich verzweigt zwischen das übrige Hyphen einflechten. Diese senden aufrechte Äeste zwischen die Paraphysen, welche sich zu den Sporenschläuchen ausbilden, die an Gestalt ganz denen der keulenförmigen Ascis der Pezizen, Helvellen u. s. w. gleichen.

Fig. 263.

Sporenbildung von Parmelia parietina.
a Paraphysen, *b* Sporenschlauch mit Sporen auf verschiedenen Entwickelungsstufen.

Die Zellhülle ist in der Regel von gelatinöser Beschaffenheit, bald mehr, bald minder mächtig entwickelt, und in letzterem Falle die secundäre Verdickung hier und da geschichtet und in Wasser stark aufquellend. Der Inhalt besteht aus einem meist an Oeltropfen reichen Protoplasma, welches vor der Entstehung der Sporen das Lumen des Schlauchs fast vollständig ausfüllt.

Die Sporen entstehen inmitten des Protoplasmas durch freie Zellenbildung in ähnlicher Weise wie bei Peziza u. s. w. Dieselben werden zu gleicher Zeit angelegt, entwickeln sich aber häufig ungleichmässig, so dass man in demselben Sporenschlauche oft genug Sporen von der verschiedensten Ausbildung findet. Die Zahl der in einem Schlauche entwickelten Sporen beträgt in der Regel acht. Doch finden sich auch Ausnahmen und man trifft bei verschiedenen Gattungen ein- bis zwei- (Umbilicaria), zwei- bis drei-, vier- bis sechs- (Pertusaria), sowie vielsporige (Bactrospora Mass.) Sporenschläuche.

Der Bau der Sporen zeigt hier dieselben Verschiedenheiten, welche schon weiter oben bei dem Bau der Pilzsporen hervorgehoben worden sind.

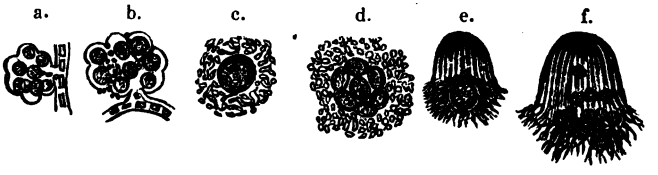
Um die Entstehung der Sporen zu verfolgen, sind zarte Querschnitte durch die Apothecien nothwendig, und muss man suchen — was wegen des Verklebens mit den umgebenden Paraphysen allerdings nicht immer

Digitized by Google

so recht gelingen will — einzelne Sporenschläuche zu isoliren. Aber auch dann werden sich der Beobachtung der jüngsten Zustände noch Schwierigkeiten entgegenstellen, welche in der starken Trübung des Protoplasmas durch die in demselben vertheilten Oeltröpfchen ihren Grund haben. Die erforderliche Geduld und zahlreiche Untersuchungen namentlich der grosssporigen Gattungen werden aber doch schliesslich zum Ziele führen.

Fortpflanzung durch Soredien. — Die Soredien, welche nur gewissen Gattungen der heteromeren Flechten (Usnea, Parmelia, Pertusaria, Ramalina etc.) zukommen, treten meist in grösserer oder kleinerer Anzahl zu eigenthümlichen Körpern, den Soredienhaufen, vereinigt an die Oberfläche des Lagers. Sie bilden dicke Polster oder Wülste und stehen bald regellos über das letztere zerstreut, bald sind sie an bestimmte Stellen desselben z. B. an den Rand der Lappen, gebunden. Diese Organe entstehen in der Gonidienschicht des Lagers, indem Gonidiengruppen sich mit einer eigenthümlichen Hülle aus Faserzellen umgeben (Fig. 264). Die

Fig. 264.



Entwickelung der Soredien. a. Gonidiengruppe von acht Zellen, b. ähnliche weiter fortgeschrittene Gruppe, c. fertiges Soredium im Längsschnitte, d. ebenso, die Gonidien haben sich weiter getheilt, e. keimendes Soredium, f. weiter entwickelt. Vergr. 1 : 500 bis 700.

Entwickelung beginnt mit der Theilung eines Gonidiums, aus deren Fortsetzung Gonidiengruppen hervorgehen, von denen sich jedes einzelne Individuum mit einer Faserhülle umgiebt, um dann rasch zu wachsen und den Process der Theilung und der Hüllenbildung von Neuem zu beginnen. Auf diese Weise häufen sich die aus zahlreichen von einer Faserhülle umgebenen einzelnen Gonidien, dem Soredium bestehenden Gonidiengruppen unter der Rinde dermassen an, dass sie die letztere durchbrechen und dann von einer nur lose gewebten Hülle umgeben als die beschriebenen Körperchen an der Oberfläche erscheinen. Die Farbe der Soredienhäufchen correspondirt in der Regel mit der der Gonidien; wo dieselbe abweichend erscheint, wird sie durch die Farbe der Zellwand ihrer Faserhülle hervorgerufen.

Da die Soredien unter günstigen äusseren Verhältnissen zu einem neuen Flechtenlager werden können, welches sich aus der Hülle jedes einzelnen Soredium entwickelt, so müssen sie zu den ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorganen gezählt werden und dürften etwa den Brutknospen der Moose u. s. w. zu vergleichen sein.

Digitized by Google

Die Spermatien. — Die neueren Untersuchungen haben dargethan, dass die Spermatien unter den Flechten ziemlich allgemein verbreitet sind. Dieselben stimmen wiederum im Wesentlichen mit den gleichen Organen der Pilze überein und sind in eigene einfache oder gekammerte Behälter, die Spermagonien, eingeschlossen. Die letzteren kommen entweder (in der grossen Mehrzahl der Fälle) mit den Apothecien auf denselben Pflänzchen vor, oder sind auf besondere Pflänzchen verwiesen. Im ersteren Falle entwickeln sie sich entweder gleichzeitig mit oder schon vor dem Apothecium und sind entweder ohne Ordnung über das Lager zerstreut oder sitzen am Rande der Lappen oder an den Spitzen der Zweige, an denen sie derart eingesenkt erscheinen, dass nur ihr oberer Theil mit dem Mündungscanale in Form einer mehr oder minder dunkelbraun gefärbten rundlichen Erhebung hervorragt. Ihre Wand besteht in der Regel aus zwei Zellschichten, von denen die äussere dunkle, derbe, die innere aber zarte, farblose Zellhüllen besitzt. Von der letzteren Zellschicht aus entstehen die Träger der Spermatien (Sterigmen), welche nach dem Mittelpunkte des Behälters convergiren und dessen Höhlung fast gänzlich ausfüllen. Die Spermatien, welche auf den Spitzen der Träger abgeschnürt werden, bilden kleine stabförmige, schmal spindelförmige oder längliche Körperchen, über deren Betheiligung an der Fortpflanzung wir noch im Dunkeln sind, die aber möglicherweise männliche Organe vorstellen.

Die Stylosporen. — Diese Organe sind nur bei einzelnen Flechtenarten beobachtet und zwar in den Spermagonien ähnlichen Behältern, den Pycniden. Von den Spermatien unterscheiden sich die Stylosporen nur insofern, als sie grössere Zellen bilden. Eine Keimung derselben ist bis jetzt noch nicht beobachtet worden.

Algen.

Den Algen kommt eine doppelte, geschlechtslose und geschlechtliche Fortpflanzung zu, von denen die letztere allerdings noch nicht überall nachgewiesen ist, aus der aber höchst wahrscheinlich alle Ruhesporen hervorgehen.

Organe der geschlechtslosen Fortpflanzung.

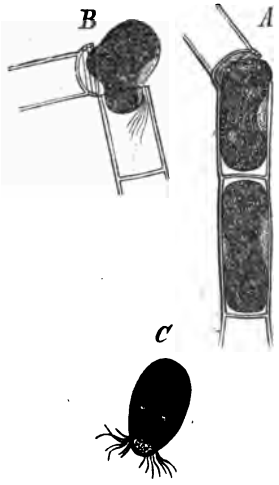
Die geschlechtslose Fortpflanzung der Algen wird durch Schwärmsporen vermittelt. Dieselben entstehen entweder zu mehreren (Ulothrix) oder einzeln (Oedogonium, Vaucheria, Fig. 265) in ihren Mutterzellen, deren Inhalt sie völlig zu ihrer Entwickelung verbrauchen. In der grossen Mehrzahl der Fälle sind die Mutterzellen zwischenständige Zellen des Fadens, seltener (Vaucherien) bilden dieselben Endzellen der Fäden,

Digitized by Google

welche sich erst kurz vor der Schwärmsporenbildung von diesen durch Theilung getrennt haben.

Auf die Entwickelungsweise brauchen wir hier nicht näher einzugehen, da sie weiter oben (unter Zellenbildung) bereits ihre Erledigung gefunden. Es bleibt nur übrig darauf hinzuweisen, dass je nach den Gattungen Einzelnheiten in der Entwickelungsweise vorkommen, so die von Pringsheim und Schacht zuerst beobachteten Blasen (Zellstoffhüllen?) um die ausschlüpfenden Schwärmsporen von Oedogonium und Ulethrix u. s. w., auf welche man wohl zu achten hat, da dieselben noch nicht völlig aufgeklärt sind.

Fig. 265.



Schwärmsporen von Oedoganium. *A* in ihrer Entwickelung bis zum Ausschlüpfen, *B* während des Ausschlüpfens, *C* während des Schwärmens.

Die Befreiung der Schwärmsporen aus ihrer Mutterzelle erfolgt in verschiedener Weise. Die von Ulothrix brechen z. B. in einem von der oben erwähnten Blase eingeschlossenen Haufen oder einzeln aus einem Risse der Mutterzelle hervor, während bei Oedogonium die Mutterzelle ringförmig in zwei ungleiche Stücke sich spaltet und der kürzere Theil deckelartig zur Seite gedrängt wird, bei Vaucheria an der Spitze der Mutterzelle ein spaltenartiger Riss entsteht u. s. f.

Die Schwärmsporen besitzen, solange sie sich in Bewegung befinden, keine Zellhülle, sondern sind blos von der Zellhaut (dem Primordialschlauch) umkleidet, die entweder auf ihrer ganzen Oberfläche (Vaucheria), oder an bestimmten Stellen mit einzelnen (Ulothrix) oder kranzförmig gestellten (Oedogonien) wimperartigen Fortsätzen (Cilien, Wimpern) versehen ist. Erst nachdem sie zur Ruhe gelangt sind, umgeben sie sich mit einer Zellstoffwandung, um dann zur Keimung zu gelangen.

Inwieweit die Art der Entstehung, die Art des Ausschlüpfens und der Bau der Schwärmsporen von Bedeutung ist für die specifische Charakterisirung der Gattungen oder Arten, muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, da für eine Entscheidung in dieser Beziehung das Material, trotz der vielfachen trefflichen Arbeiten, welche wir besitzen, noch keineswegs ausreichend ist.

Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung.

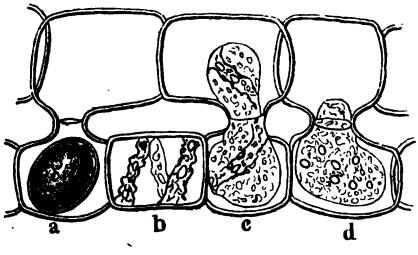
Die geschlechtliche Fortpflanzungszelle, die von Pringsheim sogenannte Oospore, entsteht durch einen wahren Befruchtungsact, d. h. durch Zusammenwirken zweier Zellen, von denen die eine die weibliche Keimzelle, die andere den männlichen Befruchtungskörper vorstellt.

Digitized by Google

Der einfachste Befruchtungsact besteht in der Vereinigung je zweier gleichartigen Zellen — sogenannte Copulation — zu einer einzigen die Oospore vorstellenden Zelle. Dieser Prozess hat bei den Algen eine ziemlich weite Verbreitung und findet sich bei den unter dem Namen Conjugaten zusammengefassten Familien der Diatomeen, Desmidieen und Zygnemeen.

Zwei Einzelzellen (Diatomeen und Desmidieen) oder zwei Zellen nebeneinanderliegender Fäden treiben hiebei zwei Protuberanzen einander entgegen, welche an den Spitzen mit ihren Zellhüllen verwachsen (Fig. 266). Durch Resorption der letzteren an der Verwachsungsstelle wird demnächst zwischen den beiden derart veränderten Zellen eine offene Verbindung hergestellt, vermittelst der sich der Inhalt der einen Zelle in die andere hineinzieht, um mit deren Inhalt zu einer rundlichen (länglich runden) Zelle zu verschmelzen, welche, sich mit einer Zellstoffhülle umgebend, zur Oospore wird.

Fig. 266.



Sporenbildung von Spirogyra quinina. Bei *a* fertige Spore, *b* nicht copulirte Zwischenzelle, *c* und *d* verschiedene Stadien der Copulation. Vergr. 1 : 320.

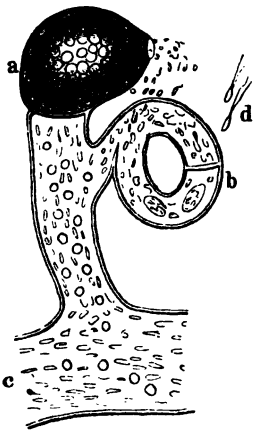
Bei dem Befruchtungsacte der übrigen Algen treten — soweit derselbe genau erforscht ist — zwei wesentlich voneinander verschiedene Zellen, die Keimzelle und der Befruchtungskörper, auf, von denen die erstere in dem weiblichen Keimorgane, dem Oogonium, der letztere in dem männlichen Befruchtungsorgane, dem Antheridium, erzeugt wird. In Bezug auf die Stellung der beiden Fortpflanzungsorgane, ihrer Beziehungen zueinander u. s. w. treten mehrere typische Verschiedenheiten auf, die eine besondere Betrachtung erfordern.

Die Gattung Vaucheria entwickelt die beiden Fortpflanzungsorgane dicht beieinander auf demselben Faden in verschiedenen für die einzelnen Arten charakteristischen Stellungen (Fig. 267) als seitliche Ausstülpungen desselben. Anfänglich erscheinen Oogonien und Antheridien als fast gleich gestaltete Ausstülpungen des Fadens selbst oder eines kurzen seitlichen Astes. Im Laufe der Entwickelung aber bildet sich ersteres zu einer kugelförmigen oder ellipsoidischen, letzteres zu einer cylindrischen in verschiedener Weise nach den Oogonien hingebogenen Zelle aus. Das erstere grenzt sich dicht unterhalb seiner Anschwellung, das Antheridium an einer dem Mutterfaden bald näher gelegenen, bald weiter in die Höhe gerückten Stelle durch eine Querwand ab, und es werden dadurch beide zu selbständigen Mutterzellen für die Keimzelle und die Befruchtungskörper. Die Entstehung der Keimzelle, welche um fast den ganzen Inhalt des Oogoniums erfolgt, macht sich dadurch kenntlich, dass an einer bestimm-

Digitized by Google

ten Stelle, bei manchen Arten in dem schnabelförmigen Fortsatze des letzteren eine grössere Menge farblosen Protoplasmas angehäuft erscheint, während der übrige grüne, nur mit zahlreichen Oeltropfen untermischte Inhalt mehr nach der Basis zurückgedrängt erscheint. Zu gleicher Zeit wandelt sich der Inhalt in der Spitzenzelle des Antheridiums, welcher sich schon vor der Scheidewandbildung entfärbt hatte und in mehr körniges Protoplasma übergegangen war, in dem nur hier und da noch ein Chlorophyllkorn eingebettet erscheint, in der Art um, dass eine grosse Zahl stabförmiger Körperchen in einer farblosen schleimigen Substanz eingebettet erscheinen (Fig. 267 *d*). Beide Organe sind jetzt für den Befruchtungsprocess herangereift. Das Oogonium öffnet sich an dem Schnabelfortsatz oder seitlich und die Keimzelle drängt den oft scheinbar noch mit ihr zusammenhängenden, nicht zu ihrer Bildung verbrauchten farblosen Theil des Protoplasmas aus der entstandenen Oeffnung hervor. Unmittelbar im Gefolge dieses Vorganges öffnet sich das Antheridium an seiner Spitze und lässt seinen Inhalt austreten. Die zahlreichen einfach bis doppelt bewimperten Befruchtungskörperchen (Spermatozoidien) bewegen sich rasch in der umspülenden Flüssigkeit und es drängen sich oft nur wenige, oft eine grössere Anzahl derselben in das geöffnete Oogonium und an die Keimzelle heran und ein oder das andere dringt in dieselbe ein. Hiermit ist der Befruchtungsact vollzogen und die Keimzelle umgiebt sich mit ihrer Zellstoffhülle.

Fig. 267.



Befruchtungsvorgang bei Vaucheria hamata. *a* Oogonium an der Spitze geöffnet, *b* Antheridium, welches sich eben geöffnet hat und die Samenkörper entlässt, *c* Mutterfaden, *d* einzelne Samenkörperchen stärker vergrössert. Vergr. *a*—*c* 1 : 400.

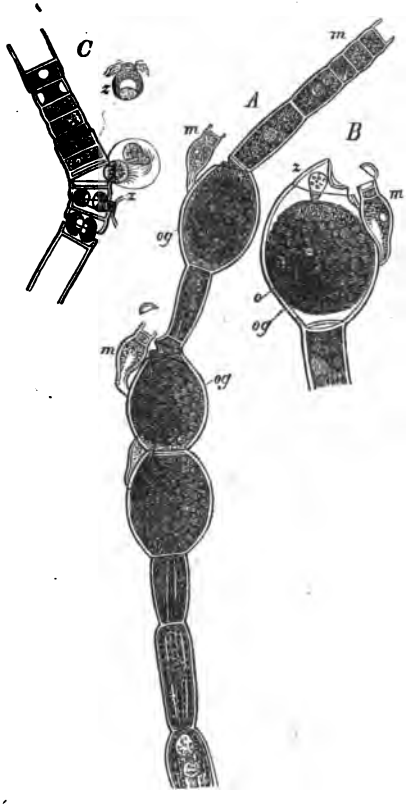
Bei den Oedogonien entstehen die Oogonien einzeln oder reihenweise hintereinander inmitten der Zellen der Fäden oder besonderer kürzerer Aeste (Bulbochaete) als obere Tochterzellen einer sich in gewöhnlicher Weise theilenden vegetativen Zelle und nehmen eine kugelige oder elliptische Gestalt an (Fig. 268 a. f. S.). Die Keimzelle entsteht hier in dem ausgewachsenen Oogonium wie bei Vaucheria um nahezu den ganzen Inhalt desselben, zieht sich aber häufig auf ein etwas kleineres Volumen zusammen, so dass sie das Innere nicht mehr ganz ausfüllt.

Die Antheridien sind je nach den Arten verschieden vertheilt, indem sie entweder mit den Oogonien an derselben oder auf besonderen Individuen erscheinen (monöcische und diöcische Formen, Fig. 268 *A* u. *C*) oder endlich an kleinen Pflänzchen entwickelt werden, welche aus kleineren Schwärmsporen (Androsporen Pringsheim's) hervorkeimen, die in abweichend gebauten Zellen der die Oogonien tragenden Fäden entstehen

Digitized by Google

und nach ihrer Entlassung aus den Mutterzellen und abgelaufener Schwärmzeit sich mit einer wurzelartigen Ausbreitung auf dem Mutterfaden oder auf einem anderen benachbarten, oogoniumtragenden Faden festsetzen (Fig. 268 *A* u. *Bm*). Die Entstehung der Antheridien erfolgt in der Weise, dass sich eine der vegetativen Zellen hoch an ihrem oberen Ende theilt, so dass zwei ungleichwerthige Tochterzellen hervorgehen. Bleibt der Prozess bei dieser einzigen Theilung stehen, so entwickelt sich das einzellige Antheridium, wiederholt sich derselbe in gleicher Weise in der Mutterzelle und auch in den Antheridienzellen selbst, so werden die mehrzelligen aus 2 bis 12 über einander stehenden Zellen bestehenden Antheridien (Fig. 268 *m* oben) gebildet. In ihrem Bau zeichnen sie sich von den übrigen Zellen theils durch ihren geringen Längendurchmesser, theils durch ihren weniger chlorophyllreichen Inhalt aus.

Fig. 268.



Oedogonium ciliatum (nach Pringsheim). *A* mittlerer Theil eines Fadens, *m* Antheridium, *og* Oogonien mit den Zwergmännchen *m*; *B* Oogonium im Augenblicke der Befruchtung, *o* Keimzelle, *z* Befruchtungskörper im Begriff einzudringen, *m* Zwergmännchen; *C* Oedogonium gemelliparum, Stück des männlichen Fadens, *z* Befruchtungskörper. Vergr. 1 : 250.

Die Befruchtungskörperchen, welche den Schwärmsporen der betreffenden Art sonst ganz gleich gestaltet, aber weit kleiner sind, entwickeln sich entweder unmittelbar in der Antheridienzelle oder in besonderer, durch quere oder senkrechte Theilung aus je einer Antheridienzelle hervorgegangenen Spezialmutterzelle. Ihre Befreiung aus der Antheridienzelle geschieht wie bei den Schwärmsporen, wobei derjenige Befruchtungskörper, welcher in der unteren der beiden erwähnten Specialmutterzellen entstanden ist, noch die höchst zarte Scheidewand zu durchbrechen hat, bei den Arten mit senkrechter Scheidewand aber beide Befruchtungskörper sammt ihren Mutterzellen entlassen und erst später durch Zerplatzen dieser zugleich frei werden.

Zur Zeit, wenn die Befruchtungskörper zur Entlassung reif sind, öffnet sich das Oogonium auf eine für verschiedene Arten bestimmte

Digitized by Google

Weise entweder durch ein Loch an der Seite oder in ähnlicher Weise wie die Mutterzellen der Schwärmsporen durch deckelartiges Aufklappen. Das Befruchtungskörperchen dringt nun zu der Keimzelle vor, berührt dieselbe zunächst mit seinem vorderen farblosen Ende und wird dann von ihr, während sie sich mit einer Zellstoffhülle umkleidet, aufgesogen.

Ausser bei den eben betrachteten hat Pringsheim, der Entdecker des Befruchtungsprozesses bei den Algen, auch bei den Coleochaeteen die beiden Fortpflanzungsorgane, namentlich eigenthümlich gebaute, zu ihrer Reifzeit ganz oder theilweise berindete Oogonien und aus kleinen farblosen Zellen bestehende bald mit den ersteren auf den gleichen, bald auf besonderen erscheinende, kleine ovale Befruchtungskörperchen erzeugende Antheridien entdeckt, so dass auch hier eine geschlechtliche — allerdings in ihrem Vollzuge noch nicht beobachtete — Fortpflanzung als vorhanden erscheint.

Für die Meeresalgen, namentlich aus der Familie der Fucoideen und Florideen, ist durch die Untersuchungen von Thuret, Pringsheim u. a. ein Vorhandensein von zwei verschiedenen Fortpflanzungsorganen gleichfalls nachgewiesen und zugleich für einzelne dargethan, dass die Entwickelung keimungsfähiger Sporen nur in Folge von Zusammenwirken der Keimzellen und Befruchtungskörperchen stattfinden könne. Da das Material zu derartigen Untersuchungen immerhin nur schwierig zu erlangen ist und die Bearbeitung nur einzelnen bevorzugten Forschern möglich wird, so begnüge ich mich in Bezug auf dieselben auf die betreffenden — unten verzeichneten — Arbeiten von Thuret, Pringsheim u. a. hinzuweisen.

Characeen.

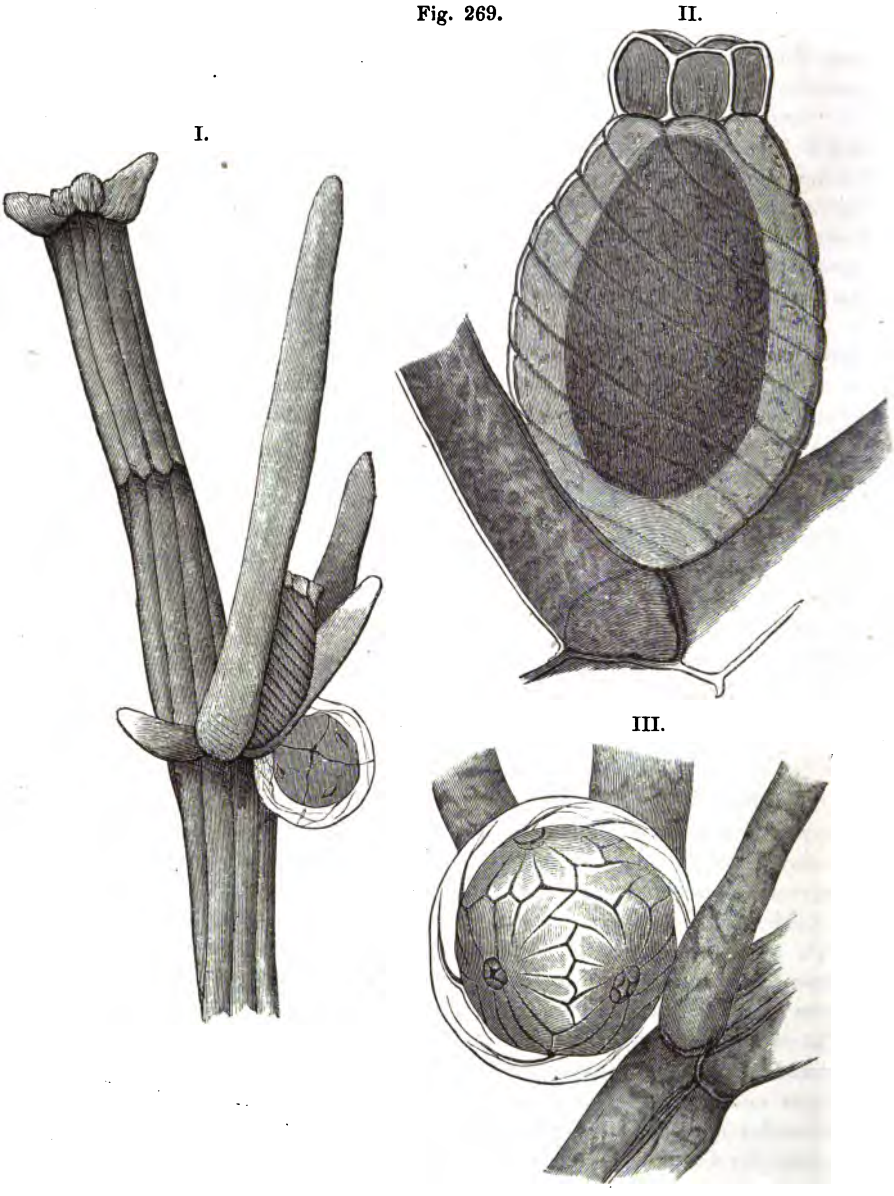
Das weibliche Fortpflanzungsorgan der Charen besitzt einen zusammengesetzteren Bau als jenes der vorhergehenden Kryptogamen und steht insofern dem der folgenden Classe näher, wie denn auch ihrer Entwickelungsverhältnisse zufolge wohl die Armleuchtergewächse als das Uebergangsglied zu den Moosen zu betrachten sein dürften. Man wird dasselbe daher auch passender mit dem für die folgenden Classen eingeführten Namen als Archegonium bezeichnen, als mit dem für die Pilze und Algen gebräuchlichen. Die grosse Centralzelle, deren Entstehung noch nicht mit voller Klarheit erforscht ist, wird von einer Rinde von spiralig gewundenen Zellen umgeben, welche auf der Spitze in einem fünfzelligen Kranze endigt. Die Zellen dieses Kranzes schliessen nicht vollständig aneinander und lassen einen offenen Canal zwischen sich, der bis zu dem Scheitel der Centralzelle führt (Fig. 269 II. a. f. S.).

Die Antheridien, welche entweder mit den Archegonien auf derselben Pflanze (Fig. 269 I.) oder auf besonderen männlichen Pflanzen vorkommen, bilden auf einer kurzen Stielzelle stehende kugelige Körper-

Digitized by Google

chen (Fig. 269 III.), deren Wand aus acht dreiseitigen, bei der Reife mit einem hochroth gefärbten körnigen Inhalte erfüllten Zellen, den Klappen

Fig. 269.

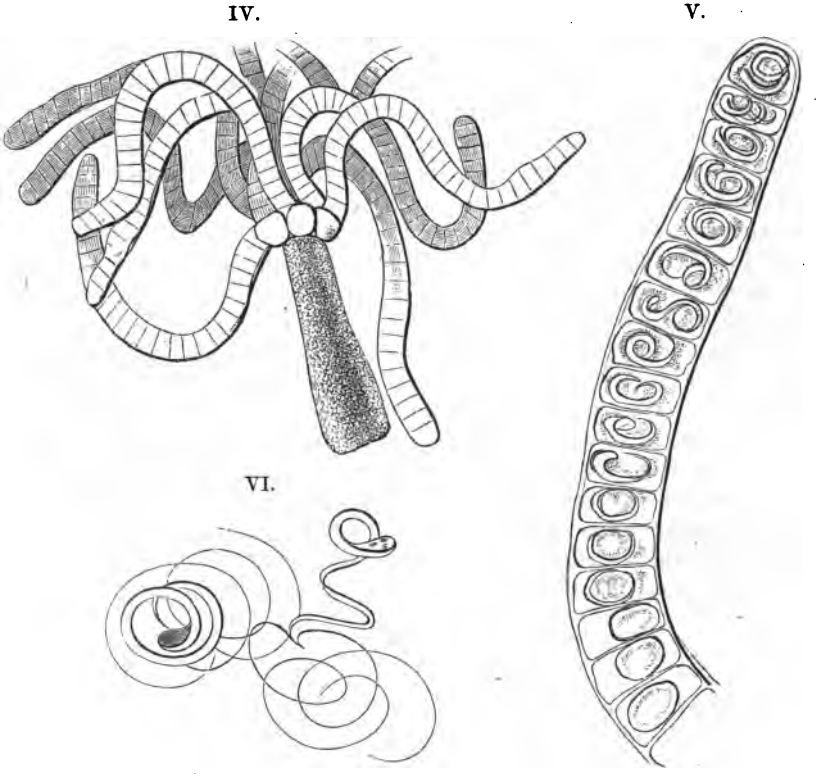


Chara foetida. I. Mittlerer Theil eines Pflänzchens mit einem Antheridium und Archegonium. II. Archegonium. III. Antheridium stärker vergrössert. Vergr. I. = 1 : 40; II. und III. = 1 : 80.

Digitized by Google

oder Schildern, besteht, deren Rand strahlenförmig eingefaltet ist. Je vier die durchgehende Stielzelle umfassende Zellen bilden die untere, je

Fig. 269.



Chara foetida. IV. Stückzelle mit den Köpfchen und den confervenartigen Fäden. V. Endstück eines solchen Fadens mit verschiedenen Entwickelungszuständen der Befruchtungskörperchen. VI. Reife ausgetretene Befruchtungskörper. Vergr. IV. = 1 : 180; V. = 1 : 600; VI. = 1 : 1000.

vier andere die obere Halbkugel. Von der Mitte jedes Schildes geht eine cylindrische Zelle, der Griff, zum Mittelpunkte des Antheridiums. Hier treten auf der Spitze einer flaschenförmigen Stielzelle mehrere kugelförmige Zellchen, die primären und secundären Köpfchen, auf, von denen jede mehre lange confervenartige, büschelartig angeordnete Fäden trägt, die durch einander geschlungen das Innere des Antheridiums erfüllen (Fig. 269 IV.). Jede Zelle eines solchen Fadens enthält innerhalb eines wasserhellen oder nur wenig getrübten Inhaltes einen grossen Zellkern. Später tritt an die Stelle dieses Kernes eine Zelle, welche einen feinkörnigen und trüben Inhalt führt und scharf aber einfach umschrieben ist.

Digitized by Google

Wir haben in ihr die Mutterzelle des Befruchtungskörperchens vor uns. Auf einer etwas weiter fortgeschrittenen Entwickelungsstufe sondert sich der Inhalt derart, dass an der einen Seite der Specialmutterzelle ein schmales, etwas gebogenes Körperchen sichtbar wird, was der Zellhaut dicht anliegt. Dieses Körperchen vergrössert sich rasch und wächst zu einem vollständigen Ringe, der ersten Windung des werdenden Befruchtungskörperchens, heran. Durch ferneres Wachsthum entwickeln sich die weiteren Windungen und es erscheint, während zugleich die Zellhaut der Specialmutterzelle verschwunden ist, der Befruchtungskörper als zarter, die Fadenzelle fast völlig ausfüllender, in 2 bis $2^1/_2$ Windungen aufgerollter Faden (Fig. 269 V.). Sind die Befruchtungskörperchen vollständig ausgebildet, so öffnet sich das Antheridium durch die Trennung seiner acht Rindenzellen, die Zellfäden werden frei gelegt und die Befruchtungskörperchen schlüpfen aus, indem sie in drehender Bewegung die Wand der Gliederzellen durchbrechen.

Den Vorgang der Befruchtung zu verfolgen ist bis jetzt noch nicht gelungen und bin ich in dieser Beziehung trotz vielfacher Untersuchung von Nitella noch zu keinem Resultate gelangt. Wohl dürfte aber die Ausbildung der in der Centralzelle des Archegoniums durch freie Zellenbildung entstandenen Keimzelle zur Spore nicht ohne vorgängige Einwirkung der Befruchtungskörper erfolgen. Die Beobachtung wird aber durch den undurchsichtigen Inhalt der Rindenzellen des Archegoniums sehr erschwert, da derselbe das Erkennen der kleinen Körperchen innerhalb des Halstheiles (des Kranzes) oder der Centralzelle unmöglich macht.

Moose.

Bei den Moosen nimmt der ganze Ablauf des Fortpflanzungsprozesses einen eigenthümlichen Verlauf. Aus der befruchteten Keimzelle entsteht nämlich zunächst eine Frucht, die Kapsel, in welcher sich die Sporen in der Seite 46 geschilderten Weise entwickeln und dann durch ihre Keimung den sogenannten Vorkeim erzeugen. Aus diesem geht die Moospflanze hervor, auf der die geschlechtlichen Fortpflanzungsorgane, Archegonien und Antheridien, angelegt und ausgebildet werden.

Die Archegonien entstehen aus einer einzigen Zelle der Spitze des Vegetationskegels bestimmter Abschnitte des laubartigen Stengels oder der fruchttragenden Pflänzchen mit beblättertem Stengel durch in gesetzmässiger Weise fortschreitende successive Zelltheilungen, welche Umfang und Gestalt bestimmen. Im fertigen Zustande stellen sie flaschenförmige Körper dar, welche meistens an der Spitze der Stengel zu mehreren beisammenstehen (Fig. 270), seltener in dem flächenartigen Stengel eingesenkt oder auf besonderen, gestielten Fruchtständen erscheinen und bei den Laubmoosen von einer aus abweichend gebauten Blättern gebildeten Hülle, dem Perichaetium, bei den Lebermoosen von einer becherartigen Hülle, dem Kelche, umgeben werden. In dem unteren erweiterten

Digitized by Google

Theile, dem sogenannten Bauchtheile, liegt eine grosse Zelle, die Centralzelle (Fig. 271), welche nach Aussen nur von einer einzigen, nach dem Grunde des Archegoniums hin aber von mehreren Zellenreihen umgeben wird. In dem Zellkörper, der mehr oder minder verlängert den sogenannten Halstheil bildet, entsteht durch Resorption der Querscheidewände des axialen Zellenstranges ein auf die Centralzelle zuführender Canal, der zunächst nach Aussen geschlossen erscheint, zur Zeit der Reife aber durch Auseinandertreten der Gipfelzellen geöffnet wird und so den Befruchtungskörperchen den Zutritt gestattet. Noch bevor sich dieser letztere Prozess vollzogen hat, entsteht in der Centralzelle durch freie Zellenbildung (siehe Seite 45) die Keimzelle (Fig. 271 *A b*), welche nach

Fig. 270. Fig. 271.

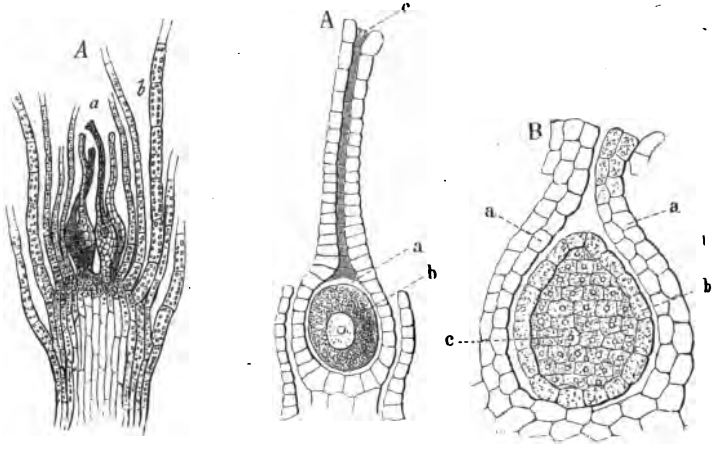


Fig. 270. Längsschnitt durch den Gipfel einer schwachen weiblichen Pflanze von Funaria hycrometrica. *a* Archegonien, *b* Blätter. Vergr. 1 : 100.

Fig. 271. Befruchtungswerkzeuge von Marchantia. *A* Archegonium, *a* Centralzelle, *b* Keimzelle mit Kern; *B* Antheridie, *aa* flaschenförmige Höhlung im Gewebe der Stengelausbreitung, *b* Antheridienhülle, *c* würfelförmige Zellen.

und nach soweit heranwächst, dass sie erstere völlig ausfüllt und aus der sich nach vollzogener Befruchtung die Fruchtanlage entwickelt.

Die Antheridien, welche ihren Platz bald auf den archegonientragenden Pflänzchen, bald auf besonderen männlichen Exemplaren nehmen, gleichen in ihren ersten Anfängen ganz den in der Anlage begriffenen Archegonien. Erst auf späterer Entwickelungsstufe nehmen sie den ihnen eigenen Bau an. Die Antheridien der Lebermoose sind entweder kugelförmige oder ellipsoidische Körperchen (Fig. 271 *B*), welche aus einer einzelligen, chlorophyllreichen Rindenschicht und einer centralen Masse von kleinen cubischen Zellen bestehen und bald von besonderen Stielen getragen werden, welche sich von der laubartigen Ausbreitung aus oder in den Blattachseln erheben, bald aber in der ersteren oder einem beson-

Digitized by Google

deren, flach ausgebreiteten Fruchtboden eingesenkt erscheinen. Jene der Laubmoose sind im Ganzen ähnlich gebaut (Fig. 272 u. 273), besitzen aber eine mehr in die Länge gestreckte cylindrische bis keulenförmige Gestalt und nehmen ihren Platz am Ende des Stengels oder der Zweige (Fig. 272).

Fig. 272.

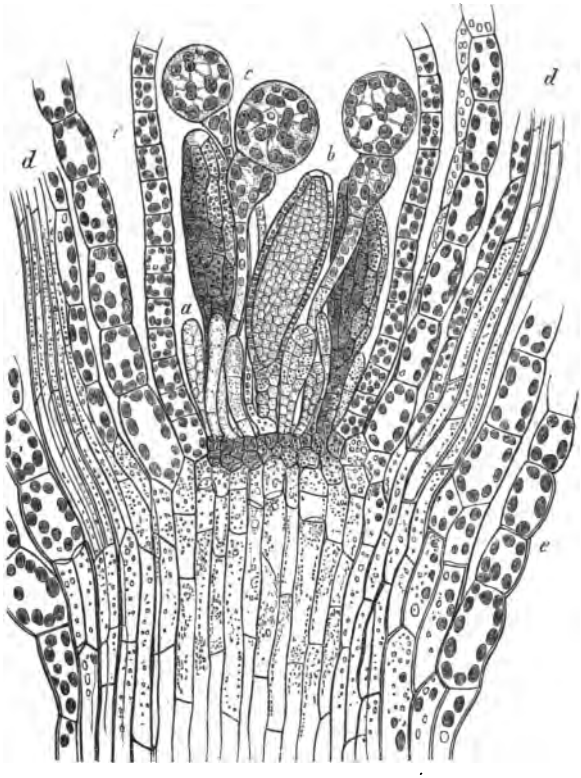


Fig. 273.

Fig. 272. Längschnitt durch den Gipfel eines männlichen Pflänzchens von Funaria hygrometrica. *a* Junges, *b* reifes Antheridium, *c* Paraphysen, *d* und *e* Blattdurchschnitte. Vergr. 1 : 300.

Fig. 273. *A* Aufplatzendes Antheridium von Funaria hygrometrica, *a* die austretenden Befruchtungskörper; *B* Befruchtungskörper von Polytrichum, *a* in der Mutterzelle, *b* frei. Vergr. *A* = 1 : 350; *B* = 1 : 800.

Innerhalb jeder der kleinen cubischen Zellen entsteht zur Zeit der Reife des Antheridiums eine rundliche Primordialzelle, in der das Befruchtungskörperchen ganz in derselben Weise sich entwickelt, wie wir dies bei Nitella geschildert haben. Die völlig reifen Antheridien öffnen sich am Scheitel (Fig. 273), es treten die Mutterzellen sammt den von ihnen umschlossenen Befruchtungskörperchen unter lebhafter Drehung

Digitized by Google

heraus und letztere werden durch Zerreissen oder Resorption der ersten völlig frei, um sich lebhaft in der umspülenden Flüssigkeit umherzutummeln. In ihrer Gestalt gleichen dieselben ganz denen der Charen und sind, um deren Bau, namentlich auch den der Cilien oder Wimpern genau zu erkennen, dieselben Veranstaltungen erforderlich, welche wir dort hervorgehoben haben.

Der Befruchtungsact ist auch hier noch keineswegs mit der Sicherheit festgestellt, wie bei den Algen. Indessen hat Hofmeister das Eindringen der Befruchtungskörper in das Archegonium mehrfach beobachtet und ich selbst habe bei Mnium undulatum ganz unzweifelhaft beobachtet, wie sich ein solcher dem Keimbläschen, über dessen Scheitel die Hülle der Centralzelle aufgebrochen und theilweise resorbirt war, unmittelbar angelegt hatte. Da sich über jenen indessen schon eine zarte Zellstoffhülle abgeschieden hatte, war es nicht möglich zu entscheiden, ob dieser Befruchtungskörper die Befruchtung vollzogen hatte. Soviel geht aber unzweifelhaft aus dieser Beobachtung hervor, dass die letzteren unmittelbar bis zu der Keimzelle gelangen können. Ausserdem spricht auch für die Nothwendigkeit der Befruchtung der Umstand, dass die grössere Anzahl der Archegonien, die als nicht befruchtet zu betrachten sind, fehlschlagen, indem die Keimzelle verschwindet und die Centralzelle von einer bräunlichen Masse erfüllt erscheint.

Aus der befruchteten Keimzelle entsteht in der Centralzelle durch fortgesetzte Zelltheilung und damit Hand in Hand gehendes Wachsthum ein mehr oder minder walzenförmiger bis ellipsoidischer, frei in der ersteren liegender Zellenkörper, die Fruchtanlage. Beim weiteren Wachsthum dringt derselbe weiter in den Grund des Archegoniums ein und verwächst vollständig mit dem Basaltheile, während der obere Theil in Folge seiner Längenerstreckung den Halstheil noch am Grunde durchreisst und mit sich in die Höhe nimmt. Der untere mit dem Basaltheile des Archegoniums verwachsene Theil der Fruchtanlage wird im Verlaufe der Entwickelung zu dem Fruchtstielchen (der Seta), der obere bildet sich zur Kapsel aus, während der abgerissene Theil des Archegoniums die letztere als Mützchen oder Calyptra, der bleibende untere die Seta als Scheidchen oder Vaginula umgiebt.

Der Bau der Kapsel ist für die Leber- und Laubmoose etwas verschieden.

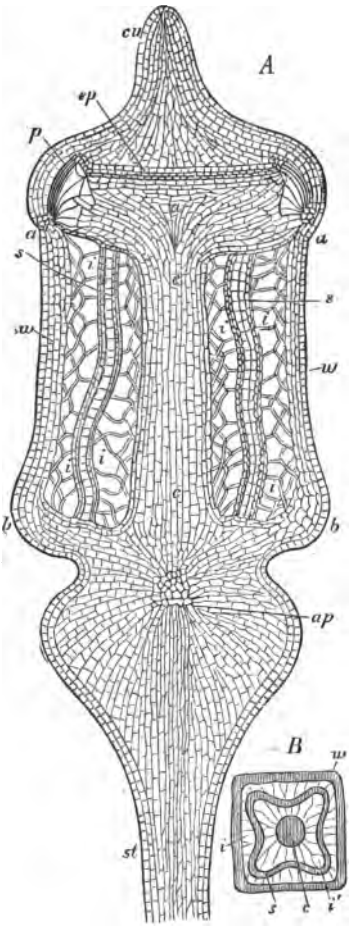
Bei den ersteren entwickelt sich die äussere Zellenschicht der Fruchtanlage zur Kapselwand, deren Zellen je nach den Gattungen und Arten verschieden gestaltete spiral- oder netzförmige, meist nur nach einer Seite hin entwickelte Verdickungsschichten beobachten lassen. Die Zellen des Inneren sondern sich in zwei verschiedene Formen. Die einen bilden sich durch Vergrösserung zu den meist rundlichen Mutterzellen der Sporen aus, die anderen, zwischen diesen liegenden, nehmen eine mehr oder minder gestreckte schlauchförmige Gestalt an und werden zu den durch ihre zierlichen einfachen oder doppelten, meist braun gefärbten und verholzten

Digitized by Google

Spiralbänder ausgezeichneten freien, mit der Spitze oder dem Grunde der Kapseln verwachsenen Schleudern.

Die Sporen entstehen in den durch Theilung entstandenen Sporenmutterzellen gleich den Pollenzellen (Seite 46) durch freie Zellenbildung und werden durch Resorption der Mutterzellen frei. Dieselben zeigen entweder eine kugelförmige oder die Seite 60 (Fig 9 III.) beschriebene Gestalt und ihre cuticularisirte braungefärbte Aussenschicht besitzt häufig warzenförmige oder stachelförmige Fortsätze.

Fig. 274.



A Längsschnitt der Kapsel von Polytrichum piliferum (nach Lautzius-Beninga); *B* der Querschnitt; *w* Wandung der Kapsel, *cu* Deckel, *cc* Säulchen, *p* Mündungsbesatz, *ii* von algenähnlichen Zellen durchzogene Lufträume, *ss* Sporensack, die Urmutterzellen enthaltend, *st* die Seta.
Vergr. $A = 1:15$, $B = 1:5$.

In der Kapsel der Laubmoose (Fig. 274), welchen die spiralig verdickten Zellen fehlen, deren Oberhaut aber Spaltöffnungen besitzt, werden die centralen Zellschichten zu der sogenannten Mittelsäule, Columella (ein Fall, der für die Lebermoose nur bei Anthoceros auftritt), während die Sporenmutterzellen nur aus einer einzigen im Umkreise der Mittelsäule liegenden Zellschicht hervorgehen. Die Spitze entwickelt sich hier, mit Ausnahme von Andraea, welches eine vierklappig aufspringende Kapsel besitzt, zu dem sogenannten Deckelchen. Dieses hebt sich bei der Reife ab und es erscheint nun die Oeffnung entweder von einem glatten Rande, von einem einfachen oder doppelten Mündungsbesatze umgeben. Dieser besteht in der Regel aus dickwandigen und braungefärbten Zellen und gewährt sein Vorhandensein oder Fehlen, sowie seine für die einzelnen Arten constante Gestaltung gute Kennzeichen für die specifische Charakterisirung.

Ueber Entwickelung und Bau der Sporen gilt das schon von den Lebermoossporen Gesagte.

Zum Studium der Entwickelung der Befruchtungswerkzeuge, der Fruchtanlage u. s. w. sind feine Schnitte durch die betreffenden Theile der

Digitized by Google

Pflänzchen erforderlich und kann unter Umständen ein Bloslegen der zu untersuchenden Organe mittelst der Nadel von grossem Vortheile werden. Um über den Bau und die chemische Constitution der Zellhülle sowie des Inhaltes klar zu werden, wird man die Anwendung der hinlänglich bekannten Reagentien nicht versäumen dürfen; namentlich möchte hier noch besonders die Anwendung der concentrirten Schwefelsäure für das Studium des Baues der Sporenhülle zu empfehlen sein. Wo es sich um das Studium der Entwickelungsgeschichte handelt, muss natürlich auf die Beschaffenheit der Zusatzflüssigkeit geachtet werden und muss man hier durch eigene Versuche die erforderlichen, am wenigsten störenden Mischungen zu ermitteln suchen.

Ausser der geschlechtlichen Fortpflanzung erscheint bei den Moosen noch eine geschlechtslose Vermehrung durch Brutzellen. Bei den Laubmoosen lösen sich dieselben einfach als mehrzellige Körperchen von den Pflänzchen ab. Bei den Lebermoosen findet eine ähnliche Trennung von dem Blatte oder dem Stengel ebenfalls in den meisten Fällen statt. Nur bei den laubartigen Formen entstehen die Brutzellen in besonderen Behältern, welche bald eine becher-, bald eine flaschenförmige Gestalt besitzen. Um diese Behälter sowie die Brutzellenknospe aufzufinden, muss man solche Pflanzen wählen, die keine Früchte entwickelt haben, weil sie sich selten oder nie an solchen Exemplaren finden, welche der geschlechtlichen Fortpflanzung dienen.

Farnkräuter.

Aus den keimenden Sporen der Farnkräuter entwickelt sich der Vorkeim, das Prothallium, welches bestimmt ist, die Fortpflanzungsorgane zu erzeugen, aus deren Zusammenwirkung die Anlage zu der Pflanze entsteht, welche ihrerseits auf der Unterseite der Wedel in besonderen Behältern, den Kapseln, die Sporen erzeugt.

Das Archegonium stimmt im Wesentlichen in seinem Baue mit dem gleichen Organe der Moose überein. Es entsteht erst an dem zweilappig getheilten Vorkeime und zwar an der Unterseite dem Einschnitte zunächst auf einer aus einem eigenen Zelltheilungsprozesse hervorgegangenen polsterartigen Verdickung. Die Mutterzelle bildet eine von den umgebenden, chlorophyllführenden Zellen sich durch ihren feinkörnigen, einen deutlichen Zellkern führenden, protoplasmatischen Inhalt sich unterscheidende Zelle, aus der durch in bestimmter Weise vor sich gehenden Zelltheilungen das fertige Organ sich heranbildet. Dieses ragt mit seinem Halstheile als kurz cylindrisches Körperchen über die Unterfläche des Vorkeimes, in welchen der Bauchtheil mit der Centralzelle eingebettet ist, hervor. Der auf die Centralzelle zuführende Canal entsteht entweder durch Resorption einer axialen Zellenreihe des Halstheiles, oder durch Auseinanderweichen von vier dreikantigen Zellenreihen an ihrer Vereinigungsstelle als wahrer Intercellulargang. In der Centralzelle entsteht,

Digitized by Google

während der Canal sich ausbildet, durch freie Zellenbildung die Keimzelle in der früher geschilderten Weise und nimmt nach und nach fast vollständig deren ganzen Raum ein (Fig. 275).

Die Antheridien werden oft schon frühzeitig angelegt, noch ehe der Vorkeim sich vollständig ausgebildet hat; sie entstehen aber auch noch gleichzeitig mit den Archegonien und zwar hinter diesen. Die erste Anlage macht sich durch eine halbkugelige Erhebung einzelner Zellen über die Unterfläche des Vorkeimes bemerklich, deren freie Aussenfläche nach kurzer Zeit durch eine Scheidewand von dem übrigen Zellraume getrennt und zur Mutterzelle des Antheridiums wird. Durch mehrfache Zelltheilung geht aus dieser ein kugelförmiges Körperchen hervor (Fig. 276),

Fig. 276.

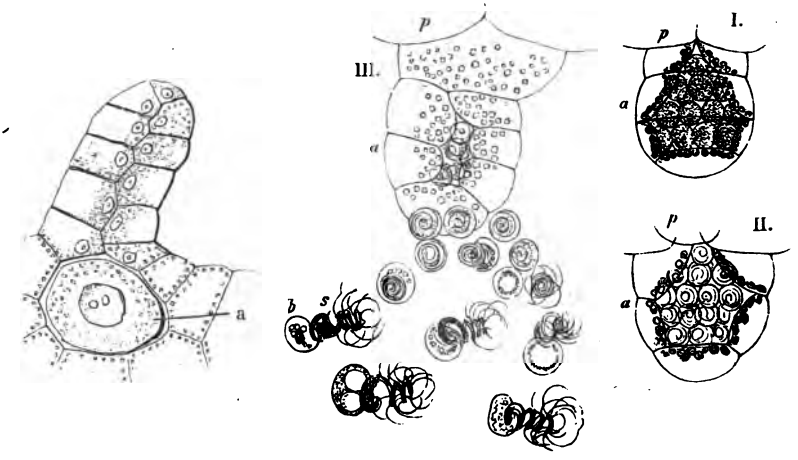


Fig. 275. Dem Aufbrechen nahes Archegonium von Pteris serrulata. *a* Kernzelle. Vergr. 1 : 400.

Fig. 276. Antheridien von Adianthum capillus veneris. I. Noch unreif. II. Die Befruchtungskörperchen darin fertig ausgebildet. III. Geplatztes Antheridium mit austretenden Befruchtungskörpern; *p* Vorkeim, *a* Antheridium, *s* Befruchtungskörper, *b* dessen Mutterzelle. Vergr. 1 : 550.

welches aus grösseren vierseitigen protoplasmareichen, von einer oder zwei Stielzellen getragenen centralen Zelle und einer aus wenigen grossen, mehr oder minder abgeplatteten Zellen gebildeten Hülle bestehen. Die erstere erzeugt durch fortgesetzte Theilung die kleinen, cuboidischen Zellen, in denen die zarten kugeligen Mutterzellen der Befruchtungskörperchen entstehen, welche gegen die Reifezeit der Antheridien durch Verflüssigung der ersteren frei werden und in einer schleimig körnigen Masse eingebettet erscheinen. Die Entwicklung des in wenigen spiraligen Windungen aufgerollten, an ihrem vorderen, dickeren Ende mit zahlreichen Wimpern besetzten (Fig. 276 III.) Befruchtungskörperchen erfolgt inmitten dieser Samenfaserzellchen in derselben Weise wie bei den Charen

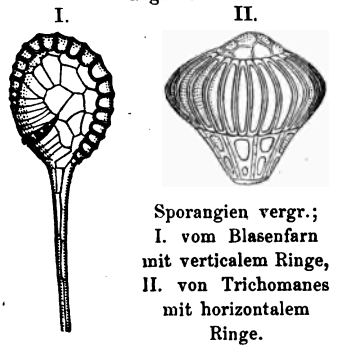
Digitized by Google

und Moosen. Die reifen Antheridien öffnen sich, sobald die äussere günstige Bedingung d. h. Feuchtigkeit vorhanden, indem der stark anschwellende Inhalt die Scheitelzelle sternförmig zerreisst. Die Mutterzellen treten mit den in ihnen enthaltenen Befruchtungskörperchen heraus, beginnen sich drehend zu bewegen, reissen dann auf und entlassen die letzteren, welche in rascher Bewegung davoneilen.

Der Befruchtungsact wird nach Hofmeister in ähnlicher Weise vollzogen, wie ich es für Mnium geschildert habe. Die Befruchtungskörperchen treten in den Canal des Archegoniums, gelangen durch die erweichte Zellhülle der Centralzelle bis zur Keimzelle, welche sie umspielen. Nun erst umgibt sich die Keimzelle mit einer Zellstoffhülle und es schliesst sich der Canal des befruchteten Archegoniums durch Ausdehnung der umgebenden Zellen, während aus der ersteren durch wiederholte Zelltheilung ein kugelförmiger bis ellipsoidischer, lose in dem Archegonium liegender Körper, die Anlage der jungen Pflanze, hervorgeht. In den nichtbefruchteten Archegonien, welche die Mehrzahl der auf einem Vorkeim vorkommenden bilden, da in der Regel nur eines zur Entwicklung gelangt, treten dieselben Erscheinungen des Zerfalles ein, wie bei den nichtbefruchteten Moosarchegonien.

Die Sporangien oder Kapseln der Farnkräuter entwickeln sich, wie schon oben erwähnt, auf der Unterseite der Wedel. Ihre erste Anlage erscheint als eine halbkugelige Ausstülpung einer Oberhautzelle, welche sich später durch eine horizontale Wand theilt und zwar so, dass zwei Tochterzellen entstehen, von denen die untere, cylindrische, durch fortgesetzte wechselnde Längs- und Quertheilung dem aus zwei bis drei Zellenreihen bestehenden Stiele, die obere, halbkugelige, durch in bestimmter Weise nach verschiedenen Richtungen vor sich gehende Theilung dem Sporangium seine Entstehung gibt. Das fertige Sporangium (Fig. 277) besteht aus einer ein- bis zweischichtigen Wandung und einer centralen Zelle. Der sogenannte, aus abweichend gebauten Zellen gebildete, meist einseitig nach Innen verdickte, gefärbte Annulus nimmt in der ersteren je nach den Gattungen eine bestimmte Stellung und Gestaltung an und hat man hierauf sein Augenmerk zu richten. In der Centralzelle entstehen durch mehrfache, zuletzt durch Viertheilung die Sporenmutterzellen, in welchen sich die Sporen in derselben Weise entwickeln, wie dies bei den Sporen der Moose geschieht. Die Sporangien stehen in der Regel zu mehreren beisammen und bilden je nach den Gattungen verschiedene Gestalten, Häufchen, welche in den meisten Fällen von einer Falte der Oberhaut, dem sogenannten Schleierchen, bedeckt werden. Die Form der Sporenhäufchen, des Schleierchens,

Fig. 277.



Sporangien vergr.; I. vom Blasenfarn mit verticalem Ringe, II. von Trichomanes mit horizontalem Ringe.

Digitized by Google

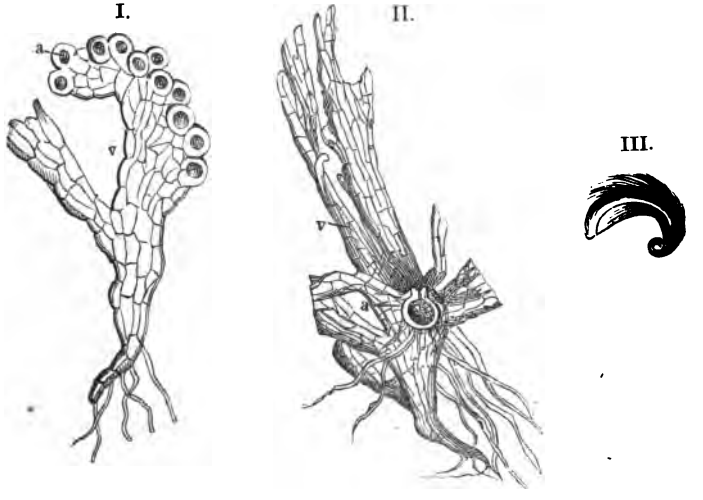
sowie die Stelle des Wedels, an welchen sie sich finden, haben für die systematische Unterscheidung der Gattungen und Arten ihre Wichtigkeit.

Die kugeligen, eiförmigen, nierenförmigen oder tetraëdrischen, das heisst pyramidal-dreikantigen Sporen bestehen in ausgebildetem Zustande aus einer doppelten Hülle. Die cuticularisirte Aussenhülle ist in der Regel braun gefärbt, stark verdickt und zeigt auf ihrer Oberfläche leistenartige, netzförmig mit einander anastomosirende, warzen- und stachelförmige Vorsprünge. Die Innenhülle ist weniger stark verdickt, weicher, farblos und tritt bei der Keimung, die Aussenhülle sprengend, als Keimschlauch aus dieser hervor. Der Inhalt, welcher vorzugsweise aus protoplasmatischen Substanzen besteht, enthält zur Zeit der Reife zahlreiche kleine oder weniger zahlreiche grössere Oeltropfen eingebettet.

Schachtelhalme.

Bei den Schachtelhalmen werden die Befruchtungswerkzeuge wie bei den Farnkräutern auf dem Vorkeime entwickelt (Fig. 278).

Fig. 278.



Equisetum Telmateja. I. Vorkeim (*v*) mit elf Antheridien (*a*); II. Vorkeim (*v*) mit einem Archegonium (*a*), Vergr. 1 : 30; III. ein Samenfaden. Vergr. 1 : 500.

Die Archegonien (Fig. 278 II. *a*) gleichen in Bezug auf Bau und Entwicklungsgeschichte denen der Farne. Sie werden ebenfalls auf der Unterseite des Vorkeimes an dessen Rand angelegt, treten aber später, indem dieser unter ihnen fortwächst, auf die Oberseite.

Die Antheridien (Fig. 278 I. *a*) treten an den Rändern besonderer, männlicher, meist kräftiger entwickelter, vielfach zertheilter Vorkeime

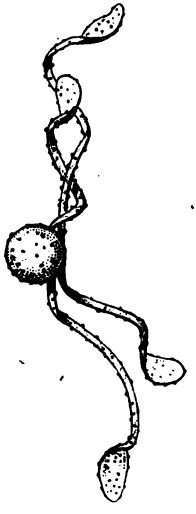
Digitized by Google

(Equisetum arvense, pratense und palustre) oder doch auf besonderen, keine weiblichen Organe tragenden Vorkeimsprossen auf. Sie erscheinen früher und in grösserer Anzahl als die letzteren und bilden konische, mit ihrem Grunde dem Rande des Vorkeimes eingesenkte Erhebungen. Die wenigzellige Wand umschliesst im jüngeren Zustande eine Centralzelle, welche zur Mutterzelle kleiner cuboidischer Zellchen wird, in denen die Befruchtungskörperchen oder Schwärmfäden in derselben Weise sich entwickeln, wie bei den Farnkräutern. Bei der Reife öffnen sich die Antheridien durch Auseinanderweichen der oberen Wandzellen und entlassen die Befruchtungskörper noch in ihren Mutterzellchen eingeschlossen. Die ersteren übertreffen an Grösse die gleichen Organe aller bekannten Kryptogamen. Sie sind korkzieherartig gewunden, bandartig am hinteren Ende stark verbreitert, am vorderen Ende mit zahlreichen Wimpern versehen (Fig. 278 III.).

Das Eindringen der Befruchtungskörperchen ist bis jetzt nicht beobachtet, während die ersten Entwicklungsvorgänge in dem befruchteten und der Zerfall der nicht befruchteten Archegonien ganz so verläuft wie bei den vorher betrachteten Pflanzen.

Die Sporangien der Schachtelhalme stehen zu mehreren an dem unteren Rande scheibenförmigen Blattorganen, welche zusammen den bekannten ährenförmigen Fruchtstand bilden. Ihre ersten Anfänge erscheinen als warzenförmige Zellkörperchen, in denen sich bald eine mittlere Zelle durch stärkere Vergrösserung bemerklich macht. Diese Zelle wird zur Mutterzelle der späteren Generationen angehörenden sporenbildenden Zellen, während die sie umgebenden Zellen sich zur Wand des Sporangiums ausbilden. In den sporenbildenden, durch Viertheilung entstandenen Zellen geht die Entwicklung der Sporen in derselben Weise vor sich, wie dies früher geschildert wurde. Die Spore besteht im reifen Zustande aus mehreren Hüllschichten. Von diesen bildet die äussere, nach Aussen cuticularisirte, nach einzelnen Forschern aus der Membran der sporenbildenden Zellen hervorgehende, die bekannten spiraligen, um die inneren Schichten gewundene Schicht, die bekannten Schleudern (Fig. 279), welche ursprünglich verdickte Streifen dieser letzteren bildeten und erst durch das Zerreissen der nicht verdickten Stellen ihre spätere Gestaltung erhielten. Die zweite und dritte Schicht sind durch ihre ganze Dicke cuticularisirt, erstere hier und da mit körnigen Erhebungen besetzt, während die innerste Hülle, so lange die Spore nicht zur Keimung gelangt ist, aus reinem Zellstoff besteht.

Fig. 279.



Spore mit den abgerollten, sonst spiralig um die Spore gedrehten Elateren.

Digitized by Google

Bärlappgewächse.

Die Bärlappgewächse unterscheiden sich bezüglich der Entwicklung ihrer Befruchtungswerkzeuge wesentlich von den Farnkräutern und Schachtelhalmen. Hier sind es für die Selaginellen und Isoeten (für Lycopodium, Psilotum u. s. w. ist die Fortpflanzung noch nicht beobachtet) nämlich zweierlei Sporen, die grossen sogenannten Makrosporen und die kleinen Mikrosporen, welche, in zu besonderen ährenförmigen Fruchtständen vereinigten Sporangien (Fig. 280) entwickelt, die einen den Vorkeim mit den Archegonien erzeugen, die anderen zu den Antheridien werden, in denen bei der Keimung die Mutterzellen der Befruchtungskörperchen entstehen (Fig. 281 *C*).

Fig. 280.

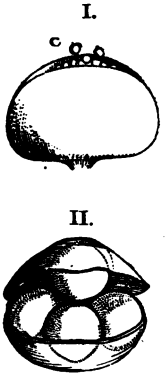


Fig. 281.

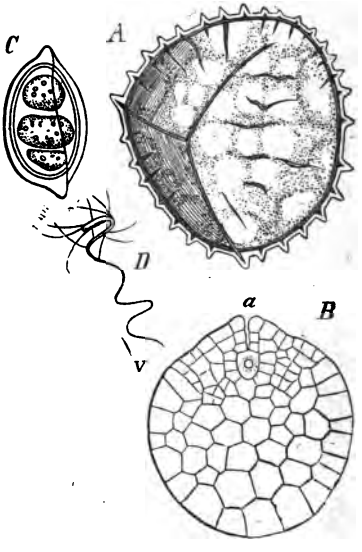


Fig. 280. Bärlapp. I. Mikro-, II. Makrosporangium.

Fig. 281. Isoetes lamstrus (nach Hofmeister). *A* Makrospore; *B* Längsschnitt des Vorkeims mit einem Archegonium *a*; *C* Mikrospore die Mutterzellen der Befruchtungskörperchen enthaltend; *D* Befruchtungskörperchen. Vergr. A = 1 : 60, *B* = 1 : 40, *C* und *D* = 1 : 500.

In der Makrospore, die Form einer flachen Kugelpyramide besitzend (Fig. 281 *A*), entsteht die Anlage des Vorkeimes schon zur Zeit, wo sie noch in dem Sporangium (der sogenannten Kugelkapsel) eingeschlossen ist, unterhalb der Spitze, den drei zusammenstossenden Pyramidenkanten; dieselbe besteht aus einigen wenigen Zellschichten oder füllt einen grösseren Theil der Spore aus.

Bei dem Keime entwickelt sich der Vorkeim weiter und es entstehen auf demselben an mehreren Stellen die mit kurzem Halstheil versehenen Archegonien (Fig. 281 *B*). In der Centralzelle hat sich, während

Digitized by Google

zugleich der leere Theil der Spore von dem Vorkeim aus mit Zellgewebe erfüllt wird, die Keimzelle bis zur Zeit der Oeffnung des Canals entwickelt und harrt der Befruchtung entgegen, um nach dem Vollzug derselben durch mehrfache Zelltheilung die Keimanlage hervorzubringen.

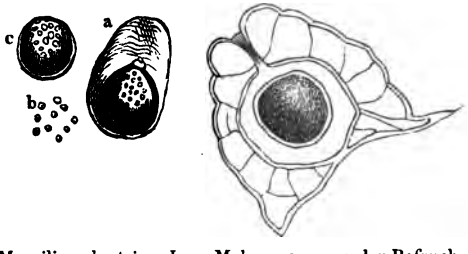
Rhizocarpeen.

Diese Classe stimmt im Allgemeinen mit der vorigen in ihrer Fortpflanzungsweise überein, die indessen einer noch weiter ausgedehnten Beobachtung recht sehr bedarf. Es sind bis jetzt nur einige Arten näher untersucht, und auch bei diesen noch nicht alle Vorgänge ganz ins Klare gebracht, indem die Verfolgung der ersten Keimungsstadien von nicht unerheblichen Schwierigkeiten behindert wird.

Was sich im Allgemeinen — ohne auf die streitigen Punkte der verschiedenen Autoren einzugehen — etwa sagen lässt, ist Folgendes.

Die Archegonien, welche bei Pilularia und Marsilia einzeln, bei Salvinia zu mehreren auftreten, entwickeln sich auf dem schon innerhalb der Makrospore an deren Scheitel angelegten Vorkeime nach dessen Hervorbrechen aus der letzteren. Im Wesentlichen zeigen sie einen ähnlichen Bau wie die der vorhergehenden Classen, d. h. sie bestehen aus einer grossen Centralzelle und einer in den Vorkeim eingesetzten und mit ihr zusammenhängenden Hülle, die nach Aussen in den meist nur kurzen Halstheil übergeht, dessen Scheitel sich zur Zeit der Reife öffnet und durch einen kurzen auf die Centralzelle zuführenden Canal der Befruchtungskörperchen den Zugang gestattet (Fig. 282 II.). Ueber die Entstehung des Archegoniumcanals wie über den Zellenbildungsprozess innerhalb der Centralzelle bestehen noch verschiedene Ansichten, von denen die neueren, der Beobachtung Hofmeister's widersprechenden noch keineswegs fest genug begründet sind. Nur soviel steht fest, dass innerhalb der Centralzelle nach Vollzug des Befruchtungsactes die junge Keimanlage sich entwickelt.

Fig. 282.



Marsilia salvatrix. I. *a* Makrospore vor der Befruchtung, mit ihrer Schleimhülle; aus dem rundlichen Wärzchen, welches auf der Spitze der kugelförmigen Spore sitzt, entwickelt sich der Vorkeim. Vergr. 1 : 15. *b* Mikrosporen im richtigen Verhältniss zur Makrospore. *c* Mikrospore. Vergr. 1 : 100. III. Vorkeim mit Keimkörper, im Durchschnitt gesehen. Die kugelförmige Keimzelle hat bereits eine Membran. Vergr. 1 : 200.

Das Antheridium wird entweder von den Mikrosporen selbst gebildet (Marsilia) oder es entsteht bei der Keimung der letzteren aus einem aus dem Exesporium hervortretenden Sporenschlauche (Salvinia).

Digitized by Google

Im ersteren Falle gehen durch wiederholte Zelltheilung die acht Mutterzellen für die Schwärmfadenzellen hervor, welche sich ihrerseits durch tetraëdrische Viertheilung bilden und durch Zerreissen der äusseren Sporenhülle entlassen werden. Im anderen Falle gliedern sich an dem Ende des Sporenschlauches zweizellige Antheridien ab, in denen die Schwärmfadenzellen zu je vier gebildet und durch Aufklappen frei werden. Die Schwärmfäden entstehen in diesen letzteren, soweit aus der Beobachtung von Hofmeister, Pringsheim und Hanstein zu schliessen, in gleicher Weise, wie es für jene der anderen Kryptogamen geschildert ist.

Der Befruchtungskörper oder Schwärmfaden besteht aus einem vorderen fadenförmigen, schraubenförmig gewundenen, mit zahlreichen Wimpern bekleideten vorderen und einem Stärkekörner enthaltenden kugeligen hinteren Theile, der nach Hanstein beim Eintreten in den Archegoniumcanal abgestreift werden soll.

2. Fortpflanzungsorgane der Phanerogamen.

Der Blüthenstaub.

Der Blüthenstaub oder Pollen entsteht in der schon Seite 45 geschilderten Weise innerhalb besonderer, aus gesetzmässiger Umbildung eines Blüthenblattes hervorgegangenen Behältern, den Antheren der Staubfäden. Da wir uns hier nicht mit einer Entwicklungsgeschichte der Blüthentheile, sondern nur mit der histiologischen Zusammensetzung der für den Fortpflanzungsprocess zunächst in Betracht kommenden Organe zu beschäftigen haben, so gehen wir auch auf das Entstehen und die Fortbildung der Staubfäden nicht näher ein, sondern wenden uns sofort zu dem Bau der Antheren u. s. w.

Bau der Antheren. — Die Antheren bestehen in ihren früheren Entwicklungsstadien aus einem gleichartigen parenchymatischen Zellgewebe, in welches an einer bestimmten Stelle die Gefässbündelelemente des Trägers eintreten. Erst später differenziren sich die verschiedenen Gewebeschichten, und zwar zunächst diejenigen, welche zur Entwicklung der Antherenwand und zu den Urmutterzellen für die zellenbildenden Zellen bestimmt sind. In der ersteren erfolgt dann, während in der zweiten sich die entsprechenden Theilungsvorgänge verfolgen lassen, eine weitere Sonderung, deren Folge uns in dem Bau der fertigen Antherenwand entgegentritt.

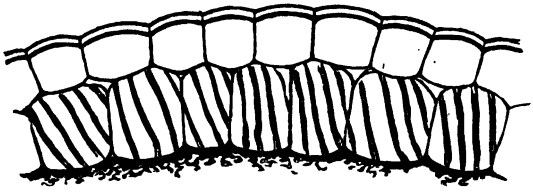
Die äusserste Zellschicht gehört der Oberhaut an. Sie kann übrigens auch, wie bei Saccharum, allein die Wand der Antheren bilden. Unterhalb der Oberhaut finden sich bei den Antheren mit mehrschichtiger Wand noch eine bis mehrere Zellenlagen, welche sich über die Innenfläche der ersteren in verschiedener Mächtigkeit verbreiten, so dass die-

Digitized by Google

selbe bald in ihrem ganzen Umfange, bald nur an einzelnen Stellen aus zwei bis drei und mehr Zellschichten gebildet erscheint.

Zur Zeit, wo die Antheren fast ihre Ausbildung vollendet, die Wandzellen nahezu ihre volle Grösse erreicht haben, und diejenigen Zellschichten, welche die Urmutterzellstränge der Antherenfächer umgeben, resorbirt worden sind, entwickeln sich bei der grossen Mehrzahl der über Wasser blühenden Phanerogamen in bestimmten Zellenreihen der Antherenwand die bekannten und schon früher besprochenen spiralen und netzförmigen secundären Verdickungsschichten (Fig. 283). Welche Zellen-

Fig. 283.



Querschnitt der Antherenwand von Funkia. Vergr. 1 : 420.

reihen und welche der ihnen angehörigen Zellen diese Formänderung erleiden, ist für verschiedene Pflanzen verschieden und hat man darauf zu achten. Hier und da sind es bloss die Oberhautzellen (Picea, Abies, Lupinus), bei anderen Pflanzen (wie bei den Liliaceen, Compositen, Cucurbitaceen u. s. w.) eine oder mehrere Zellenreihen, unterhalb dieser, in selteneren Fällen sämmtliche Zellen der Wandung, welche Spiral- oder Netzfasern bilden. Bald umgeben die so veränderten Zellen die Antherenfächer vollständig, bald finden sie sich nur an den nicht der Scheidewand angehörigen, bald nur an bestimmten Stellen, z. B. in der Nähe der Furche des Staubbeutels u. s. w.

Vor der Reife der Pollenkörner sind die Antheren der Mehrzahl unserer Pflanzen vierfächerig und erst zur Zeit der Blüthe wird die je zwei an einer Seite liegende Fächer trennende zarte Scheidewand resorbirt, so dass jetzt nur zwei Fächer erscheinen. Es gibt indessen auch einzelne Fälle, in denen schon von vornherein nur zwei Fächer vorhanden sind (Abietineen, Alternanthera, Eranthemum).

Zum Studium des Baues der Antheren und ihrer einzelnen Theile sind zarte Querschnitte derselben namentlich erforderlich, während Längsschnitte nur für einzelne Structuren wichtig werden, immer aber zur Unterstützung der durch Querschnitte schon erlangten Resultate von Vortheil sind. Für die genaue Kenntniss der Spiralzellen empfiehlt sich ausserdem die Betrachtung isolirter Zellen von verschiedenen Seiten. Die Schnitte lassen sich am besten bei noch nicht aufgeblühten Knospen fertigen, zu späterer Zeit und namentlich nach dem Aufspringen der Antheren gelangt man dagegen nur schwer und selten zum Ziele. Am besten nimmt man den Schnitt durch die ganze Knospe und isolirt dann unter

Digitized by Google

dem Präparirmikroskop die Antherenschnittchen. Nur bei grösseren Antheren gelingt ein Schnitt durch diese für sich, wenn man ihn mit recht dünner und scharfer Klinge aus freier Hand macht. Einklemmen zwischen Hollundermark dürfte sich nur bedingt und in seltenen Fällen empfehlen.

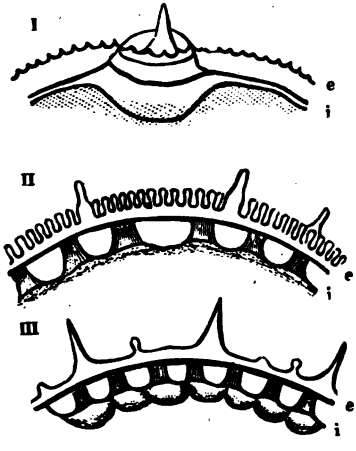
Bau des Blüthenstaubes oder Pollens. — Der Blüthenstaub bildet entweder vereinzelte Zellen, oder es bleiben mehrere, in der Regel 4 bis 16, nach ihrem Entstehen als sogenannte Pollenkörper miteinander vereinigt. Bei den Asclepiadeen wird die ganze Pollenmasse eines Antherenfaches mittelst einer sackartigen Hülle zusammengehalten.

Mit Ausnahme von Zostera (Schacht) besteht die Wandung des Pollenkorns aus zwei Hüllen, der Innenhülle (Intine) und der Aussenhülle (Exine).

Die Innenhülle ist bald nur als ein zartes Häutchen vorhanden (Mirabilis), bald als dicke Schicht entwickelt und besteht aus reinem Zellstoff. Aus ihr entwickelt sich unter günstigen äusseren Verhältnissen der Pollenschlauch, der aus besonderen, hierfür bestimmten, verschiedentlich geformten Austrittsstellen der Aussenhülle hervorbricht. In der Mehrzahl der Fälle verläuft die Intine glatt und die Exine besitzt eine gleichmässige Dicke, in anderen Fällen dagegen besitzt dieselbe verdickte Stellen, welche in ähnlich geformte Hohlräume der Aussenhülle hineinragen.

Die cuticularisirte Aussenhülle kann einfach sein oder aus zwei Schichten bestehen. In letzterem Falle ist die innere Schicht mit Ausnahme der Austrittsstellen gleichmässig verdickt, während die äussere Schicht nur selten gleichmässig verdickt erscheint, sondern die zierlichsten Verdickungsformen zeigt, von denen die einen durch ein centrifugales Wachsthum einzelner Stellen hervorgerufen sind, während andere sich auf die gewöhnliche (centripetale) Verdickungsweise zurückführen lassen. Zu den ersten Verdickungsformen gehören die warzenförmigen Erhebungen bei Viscum, die Stacheln der Malvaceen und Cucurbitaceen, Convolvulaceen u. s. w. (Fig. 284), die zu regelmässig sechsseitigen Feldern mit einander verbundenen, häufig zierlich kammartigen Leisten der Cichoriaceen, zu den anderen die porenartige durchbrochene Verdickung der Aussenhaut bei den Nyctagineen und Convolvulaceen.

Fig. 284.



Querschnitt durch das Pollenkorn; I. von Cucuslita Pepo, II. von Convolvolus altheoides, III. von Althea rosea; e Exine, i Intine. Vergr. 1 : 1200.

Digitized by Google

Die Austrittsstellen für den Pollenschlauch, welche (nach Schacht) nur bei Canna und Laurus fehlen, lassen sowohl ihrer Form als ihrer Zahl und Stellung nach mancherlei Verschiedenheiten beobachten. Wahre Löcher bilden die Austrittsstellen bei den Compositen und Geraniaceen; sie treten bei den Malvaceen und Nyctagineen als mit einer zarten Haut, bei Cucurbita, Stellaria als mit einem Deckel geschlossene Poren auf und stellen endlich allmälig verdünnte, nicht scharf umschriebene, in einer Falte des trockenen Pollenkornes liegende Stellen dar. Dieselben sind in der Einzahl vorwaltend bei den Monokotyledonen vorhanden, finden sich dagegen bis zur Mehrzahl bei allen Dikotyledonen, und zwar zu je zweien bei den Ficusarten, zu dreien bei den Onograriceen, Compositen, Cupuliferen, Geraniaceen, zu vier bis sechs bei Impatiens, Carpinus, Ulmus, Alnus, Astrapaea, zu vielen bei den Convolvulaceen, Malvaceen, Sileneen, Nyctagineen, Cucurbitaceen u. s. w.

Um sich mit der Structur der Pollenkörner bekannt zu machen, ist es nothwendig, sowohl unverletzte Körner als zarte Durchschnitte zu beobachten. Im ersteren Falle muss man verschiedene Zusatzflüssigkeiten anwenden, und namentlich auch solche, welche denselben eine grössere Durchsichtigkeit verleihen. Der Untersuchung in Luft lässt man daher eine solche in Wasser, concentrirter Schwefelsäure und Citronenöl oder in anderen flüchtigen Oelen folgen. Ebenso empfiehlt sich eine Behandlung mit den für die Zellwand- und Inhaltsuntersuchungen im Allgemeinen gebräuchlichen Reagentien. Feine Durchschnitte lassen sich in der Seite 325 des ersten Bandes beschriebenen Weise ohne grosse Schwierigkeit anfertigen. Unter den erhaltenen Schnitten wählt man dann aber sorgfältig diejenigen aus, welche entweder eine Mittellamelle vorstellen, oder das Korn in einer bestimmten, für die Kenntniss des Baues und der Anordnung der Austrittsstellen bedeutsamen Richtung getroffen haben. Auch auf derartige Schnitte wird die Anwendung namentlich der Zellstoffreagentien, sowie verschiedener Säuren, der Aetzkalilauge von Wichtigkeit, indem sie manche Einsichten in die feinere Structur der beiden Hüllen gewährt.

Das Eichen.

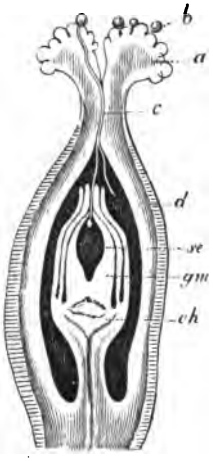
Das weibliche Fortpflanzungsorgan, das Eichen — ich ziehe es vor, diese mit den Benennungen für die Kryptogamen conforme Bezeichnungsweise wieder aufzunehmen — entsteht mit Ausnahme der Gymnospermen in einem eigenen Behälter, des im Ganzen und Grossen dem Archegonium der höheren Kryptogamen nicht unähnlichen Pistilles oder Stempels, woselbst es nach der Befruchtung auch seine Ausbildung zu dem die junge Keimpflanze umschliessenden Samenkorne erleidet.

Bau des Stempels. — Der Stempel besteht aus zwei wesentlichen Theilen, dem dem Bauchtheile der Archegonien zu vergleichenden

Digitized by Google

Fruchtknoten, dem Eibehälter und dem dem Halstheil der Archegonien analogen Staubwegcanal, dessen oberer für die Aufnahme der Pollenkörner bestimmter Theil als Narbe bezeichnet wird.

Fig. 285.



Längsschnitt durch den einsamigen Fruchtknoten des Knöterichs (Polygonum convolvulus) zur Blüthezeit. *a* Narbe, *b* Pollenkörner auf derselben, *c* der Staubweg, *d* die Wand der Fruchtknotenhöhle, *gm* die aufrechte, geradläufige Samenknospe, *se* der Embryosack derselben, *ch* der Knospengrund. Zwei-Pollenschläuche treten durch den Staubweg zur Samenknospe hinab, der eine ist durch die Mikropyle eingetreten, der andere nicht. Vgr. 40.

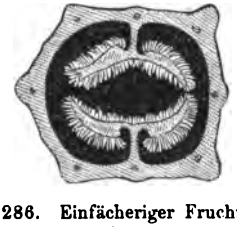
Was den allgemein histiologischen Bau betrifft, so stimmt derselbe mit dem der übrigen Blattorgane in vielen Beziehungen überein. Der grösseren Masse nach wird er aus Parenchym gebildet, in welchem sich je nach der Entstehung aus vier oder mehreren Fruchtblättern nur ein einziges oder mehrere Gefässbündel finden, an denen man nur in höchst seltenen Fällen eine Verästelung beobachtet. Nach Aussen und Innen wird er im jugendlichen Zustande von einer zarten Oberhaut, Epithelium, begrenzt. Nach der ersteren Seite geht letzteres im weiteren Entwicklungsgange in eine echte Epidermis über und zeigt häufig ganz den Bau der Blattepidermis, ist mit Spaltöffnungen versehen, trägt Haare, Stacheln, Drüsen u. s. w. Nach Innen ist die Umbildung an verschiedenen Stellen, namentlich in Staubweg und Fruchtknotenhöhle, eine verschiedene. Innerhalb der letzteren beobachtet man im fertigen Zustande häufig eine ausgesprochene Epidermis, die in einzelnen Fällen mit Spaltöffnungen versehen ist. Das innere Epithelium entweder nur der Narbe oder dieser sammt eines Theiles oder des ganzen Staubwegcanals, oft auch eines Theiles der Fruchtknotenhöhle bis zu den Eichen hin wandelt sich dagegen in ein papilloses Gewebe, das leitende Gewebe, um, welches zur Zeit der vollen Ausbildung des Stempels eine eigenthümliche klebrige Flüssigkeit, die Narbenflüssigkeit, absondert und die in ihm eingebetteten Pollenkörner zum Hervortreiben ihrer Schläuche veranlasst.

Innerhalb der Fruchtknotenhöhle, die entweder einfächerig oder mehrfächerig sein kann, worüber theils entsprechende Längs- und Querschnitte, namentlich aber die Entwicklungsgeschichte Aufschluss geben, entstehen einzeln oder zu mehreren die Eichen. Dieselben gehen entweder unmittelbar aus der Oberhaut oder aus besonderen Erhebungen der Innenwand, den Samenträgern, hervor und nehmen demgemäss über die ganze Innenfläche, auf einzelne Streifen derselben oder auf letzteren Stellung. Es kommt daher für die Kenntniss des Fruchtknotens auch Stellung, Form und Bau der Samenträger sowie die Art der Befestigung der Eichen an ihnen in Betracht.

Digitized by Google

Ihrer Stellung nach unterscheidet man frei oder in den Winkeln der Fruchtknotenfächer befestigte, mittelpunktständige und wandständige Samenträger (Fig. 286 bis 288). Der Form nach kann der freie

Fig. 286. Fig. 287. Fig. 288.



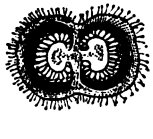


Fig. 286. Einfächeriger Fruchtknoten mit wandständigen Samenträgern von Pentaraphia (einer Gesneracee). — Fig. 287. Zweifächeriger Fruchtknoten mit mittelständigen Samenträgern vom Löwenmaul. — Fig. 288. Einfächeriger Fruchtknoten mit freiem, mittelständigem Samenträger vom Wasserhelm.

mittelpunktständige Samenträger sitzend oder gestielt kugelig, kegelförmig, cylindrisch, geflügelt sein, während der verwachsene mittelpunktständige oder wandständige Samenträger, der innen als mehr oder minder vorspringende, hier und da an dem Rande einer dünnen Platte sitzende Leiste entwickelt ist, bald einfach an seiner freien Kante, bald an den Rändern von zwei bis vier, oft wieder in die Fruchtknotenhöhle zurückgebogenen Platten die Samenknospen trägt. Sein innerer Bau ist einfach. Dem grösseren Theile nach besteht er entweder nur aus Parenchymzellen (Orchideen), oder es treten in diese ein oder mehrere Gefässbündel ein, welche so viele Aeste entsenden, als Eichen vorhanden sind. Diese letzteren stehen an jedem Samenträger entweder einzeln oder in der Mehrzahl und sind entweder mehr oder minder deutlich gestielt, sitzend, oder gar, wenn sich zwischen ihren Anheftungsstellen die Masse des Samenträgers stärker entwickelt, in den letzteren etwas eingesenkt.

Um sich über den Bau des Fruchtknotens, namentlich auch über den Zusammenhang des Staubwegcanals oder, wo mehrere vorhanden sind, der Staubwegcanäle mit der Fruchtknotenhöhle und deren Fächern, über die Verhältnisse, welche in Bezug auf Stellung, Form u. s. w. der Samenträger u. s. w. vorkommen, zu unterrichten, sind Längsschnitte zunächst durch die Mitte von Fruchtknotenhöhle, Staubweg und Narbe, sodann noch verschiedene andere, durch die Stellung der Fruchtträger u. s. w. bedingte Längsschnitte, sowie in verschiedener Höhe des Stempels und Fruchtknotens geführte Querschnitte erforderlich, welche zu verschiedenen Perioden der Entwicklung angefertigt werden müssen und mittelst eines passenden scharfen Messers unschwer aus freier Hand zu erlangen sind.

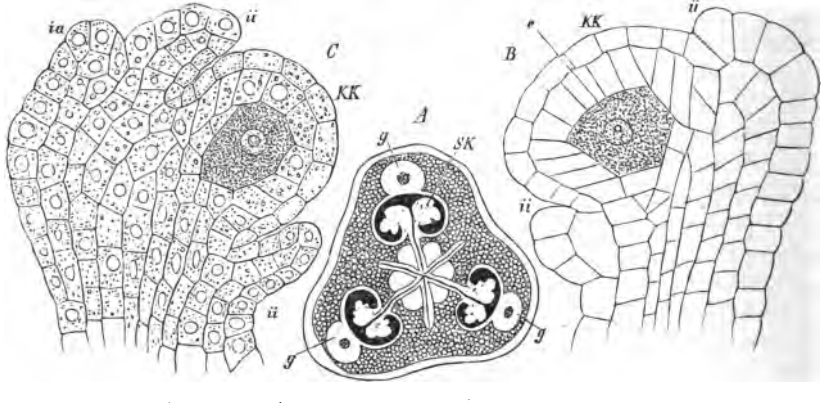
Entstehung der Eichen. — Um den Bau des fertigen Eichens genau zu verstehen, ist es gerathen, dessen Entwicklung mittelst Quer- und Längsschnitte, für welche eben die Stellung der Samenträger u. s. w. bedingend werden und die in den aufeinanderfolgenden Entwicklungs-

Digitized by Google

zuständen der Blüthenknospen zu entnehmen sind, zu verfolgen. Die erste Anlage besteht in einer welligen Erhebung des Samenträgers oder der Fruchtknotenwand, aus welcher der Knospenkern hervorgeht. Wo der letztere ohne Eihülle, nackt, verbleibt, da bildet sich derselbe zu seiner demnächstigen Gestalt durch Zellentheilung heran und bildet meist ein eiförmiges Körperchen, in welches am Anheftungspunkte ein Gefässbündel eintritt, oder das ohne Gefässbündel verbleibt.

Die Entstehung der Eihüllen macht sich durch das Auftreten von Kreisfalten am Grunde des Eikernes bemerklich. Wo zwei Hüllen auftreten, da tritt die äussere erst auf, nachdem die eine schon theilweise über den Eikern emporgewachsen ist. Zu verschiedenen Zeiten geführte Schnitte lassen dann leicht das Heranwachsen beobachten und gewähren zugleich eine klare Ansicht über die Entwicklung der Mikropyle, welche später dem Pollenschlauche den Zugang zu dem Eikerne respective dem Embryosacke gestattet. Der letztere entwickelt sich durch vorwaltendes Wachsthum einer Zelle des Eikernes, wodurch entweder dessen ganze Gewebe oder doch ein mehr oder minder beträchtlicher Theil desselben verdrängt wird, so dass entweder der ganze Eikern oder ein bestimmter Theil seines Inneren von dieser vergrösserten Zelle eingenommen wird, welche in verschiedenen Formen auftritt (Fig 289).

Fig. 289.



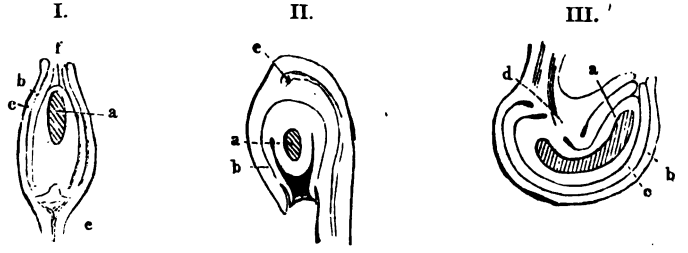
Funkia cordata (nach Sachs). *A* Querschnitt des jungen oberständigen Fruchtknotens; *B* und *C* zwei auf einander folgende Jugendzustände der Samenknospen im optischen Längsschnitt; *KK* Gewebe des Knospenkerns, *ii* innere, *ia* äussere Eihülle, *e* Embryosack.

Neben diesen Aufklärungen gibt die Entwicklungsgeschichte auch die für die Beobachtung des Befruchtungsprocesses wichtigen Anhaltspunkte über die Richtung des Eichens, d. h. über die Lage dieses selbst zur Fruchtknotenhöhle oder der Mykropyleöffnung zu dem Anheftungspunkte. In letzterer Beziehung unterscheidet man, ohne die verschiedenen Zwischenformen und Uebergänge zu berücksichtigen, die sich eben

Digitized by Google

kaum hinreichend genau charakterisiren lassen, am einfachsten vier Hauptrichtungen (Fig. 290): die geradläufige (orthotrope, Polygonum,

Fig. 290.



I. Geradläufige, II. gegenläufige, III. gebogene Samenknospe. *a* Knospenkern mit dem Embryosacke, *b* und *c* Knospenhüllen, *f* Knospenmund, *d* Knospengrund (schematisch).

Juglans etc.), die gegenläufige (anatrope), wo die Mykropyleöffnung neben dem Anheftungspunkte liegt (Cucurbitaceen, Liliaceen u. s. w.), die gekrümmte (campylotrope), wobei die Entwicklung einseitig stattgefunden hat, so dass der Eimund gleichfalls neben dem Anheftungspunkte zu liegen kommt (Chenopodiaceen, Cruciferen), und die gebogene (lycotrope), wo das ganze Eichen, Hülle, Eikern und Embryosack hufeisenförmig gebogen erscheinen (Alismaceen). Die Lage gegen die Fruchtknotenhöhle ist grundständig mit aufwärts oder abwärts gerichtetem Eimund, wenn das Eichen unmittelbar an dem Grunde angeheftet ist (Polygonum, Juglans, Compositen), hängend, wenn der Anheftungspunkt höher liegt als der Grund des Eichens, wobei das letztere an einem centralen Träger (Plumbagineen) oder an der Wand befestigt sein kann (Typhaceen, Quercus, Propaeolum u. s. w.), unbestimmt, wenn bei einer grösseren Anzahl von Eichen keine ausgesprochene Richtung vorwaltet.

Bau des Eichens. — Die Eichen bestehen im fertigen Zustande zum grössten Theile aus einem parenchymatischen Gewebe. Gefässbündel fehlen sowohl den Hüllen als dem Knospenkerne, deren äussere Zellenlagen als ein wahres Epithelium von den inneren sich unterscheiden lassen. Nur in dem Samenträger und der Samennaht verläuft ein Gefässbündel, endet aber im Knospengrunde. Den wichtigsten Theil bildet der Embryosack, dessen Entstehung schon im Vorausgehenden betrachtet wurde. Sehen wir von der Zeit kurz vor der Befruchtung ab, wo demselben eine eingehendere Beachtung zuzuwenden ist, so haben wir es hier vor Allem mit seinem Verhältnisse zu dem umgebenden Gewebe und seiner Form zu thun. Was das erstere betrifft, so hängt es eben von der Art und Weise ab, in welcher das Gewebe des Eikernes von ihm verdrängt wurde und wie die Lage der Zelle war, aus der er hervorgewachsen. So kann derselbe mehr nach der Mikropyle oder mehr zurück in dem Grunde des Eikernes liegen, frei in die erstere hineinragen oder von einer mehr oder

Digitized by Google

minder mächtigen Zellschicht bedeckt werden. Der Gestalt nach kann er — abgesehen davon, dass er der Krümmung des ganzen Eichens sich anschliesst — cylindrisch, nach vorn oder hinten keulenförmig erweitert, in der Mitte eingeschnürt sein, ja gar, wie bei den Scrophularineen, eine oder mehrere sackartige Anhänge in das übrige Gewebe treiben, oder frei und auf längere Erstreckung aus dem Eimunde hervortreten (Santalum).

Zur Erkenntniss des Baues der Eichen lassen sich diese nur selten unvorbereitet verwenden. Nur bei den Orchideen, bei Monotropa und Pyrola sind die ausserdem ihres zarten Baues wegen kaum eine andere Präparation zulassenden Eichen durchsichtig genug, um durch passende Verwendung der feinen Einstellung über alle Verhältnisse ins Klare zu kommen. Bei den Scrophularineen kann man durch Behandlung mit Aetzkalilösung die nöthige Durchsichtigkeit hervorrufen. Dagegen verlangen alle übrigen Pflanzen eine Mittellamelle des Eichens. Diese erhält man je nach der Stellung, welche die letzteren gegen die Fruchtknotenhöhle einnehmen, leicht mittelst aufeinanderfolgender zarter Quer- oder Längsschnitte durch den ganzen Fruchtknoten, indem unter den vielen durchschnittenen Eichen sich immer eines oder das andere finden wird, welches der Schnitt in der gewünschten Weise getroffen hat. In anderen Fällen wird es jedoch auch so nicht gelingen, ein passendes Bild zu erlangen, und man wird die Eichen von dem Samenträger ablösen und einzeln durchschneiden müssen. Man bringt sie zu dem Ende unter Beihülfe der Lupe in der richtigen Lage auf den etwas benetzten Zeigefinger, nimmt mittelst einer recht scharfen und dünnen Klinge die obere Seite weg, kehrt mittelst eines Pinsels das Object um und nimmt dann auch die obere Hälfte bis auf die mittlere Lamelle weg. Hat man während des Schneidens die Richtung genau eingehalten und ist namentlich der erste Schnitt nicht zu tief gelegt worden, so wird man auf diese Weise unschwer gute Präparate erhalten, an denen man alle für jetzt in Betracht kommenden Verhältnisse zur Anschauung bringen kann.

Erst nachdem man diese vorbereitenden, für die specielle Beobachtung des Befruchtungsvorganges zur genauen Orientirung dienenden Untersuchungen vorgenommen hat, schreite man zu dieser selbst, indem man zunächst das Verhalten des nach der Verstäubung auf die Narbe gelangten Pollenkornes und des zur Befruchtung sich vorbereitenden Embryosackes mit den in ihm vor sich gehenden Zellenbildungsprocessen u. s. w. und dann das Zusammenwirken von Pollenschlauch und Keimzelle studirt.

Der Befruchtungsprocess.

Das Pollenkorn nach der Verstäubung. — Sobald das Pollenkorn nach der Verstäubung auf die Narbe gelangt ist, treibt es unter dem Einflusse der Narbenflüssigkeit den Pollenschlauch (Fig. 291). Dieser

Digitized by Google

gehört bei den Mono- und Dikotyledonen der Innenhülle an, welche sich schlauchförmig verlängert, aus den dafür bestimmten Austrittsstellen, wo sie offene Poren vorstellen, direct heraustritt, bei geschlossener Austrittsstelle aber die daselbst nur dünne Aussenhülle sprengt oder das vorhandene Deckelchen fortschiebt; bei den Gymnospermen wird der Schlauch von einer Tochterzelle des Pollenkornes entwickelt und tritt aus der klappig aufreissenden Aussenhülle hervor (Fig. 292). Von der Narbe aus steigen die Pollenschläuche inmitten des leitenden Gewebes durch den Staubwegcanal in die Fruchtknotenhöhle hinab und gelangen zu dem Eimund oder der Mikropylenöffnung. Die Zeit, welche zur Vollendung dieses Weges erforderlich ist, ist je nach den Pflanzen verschieden, hängt aber weniger von der Länge des Griffels, als von anderen in der Lebensthätigkeit liegenden Bedingungen ab.

Fig. 291.

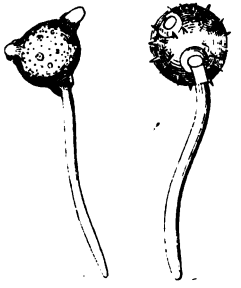


Fig. 292.

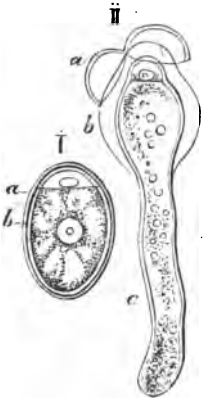


Fig. 290. Pollenkörner, welche Pollenschläuche treiben; I. von der Weberkarde, II. vom Kürbis.

Fig. 291. Cypresse (Cupressus sempervirens). I. Ein Pollenkorn mit seinen beiden Zellen; *a* und *b* die beiden Häute desselben. II. Ein Pollenkorn, welches aus der grösseren Zelle den Pollenschlauch (*c*) gebildet hat. Vergr. 1 : 300.

Um diese Wanderung der in der Regel einfach bleibenden, nur selten sich verzweigenden (Fagus silvatica, Viola tricolor, Crocus, Oenothera) Pollenschläuche und die in deren Inhalte vor sich gehenden Veränderungen zu verfolgen, bestäubt man sich geeignete Blüthen am besten selbst und untersucht dieselben dann täglich. Eine mittelst Längsschnitt durch Fruchtknotenhöhle, Staubweg und Narbe erlangte Mittellamelle des Stempels gewährt in der Regel eine vollständig klare Uebersicht aller Verhältnisse. Ist der Griffel hinfällig, so wird man darauf verzichten müssen, den Verlauf der Pollenschläuche ohne Unterbrechung zur Anschauung zu bringen. Will man die Pollenschlauchbündel mit den etwa anhängenden Zellen des leitenden Gewebes isoliren, so gelingt dieses leicht durch Entfernung der Wandungen des Staubwegcanals mittelst der Nadel. Einzelne derselben stellen sich dann in ihrem Verlauf bis zu der Mikropyleöffnung des Eichens dar und lassen über das Eindringen in diese nicht den geringsten Zweifel.

Der Embryosack unmittelbar vor der Befruchtung. — Hier gilt es zunächst, soweit es möglich ist, die Zellenbildungsprocesse innerhalb des Embryosackes in ihrem Verlaufe oder doch in ihrem Endproducte

Digitized by Google

zu studiren. Um dieses zu können, ist es aber erforderlich, noch weit sorgfältiger zu präpariren, als bei der Untersuchung des Baues der Eichen im Allgemeinen. Klare Einsicht gewinnt man bei der Mehrzahl der Pflanzen nur dann, wenn es gelingt, den ganzen Embryosack oder doch mindestens dessen Spitze bloszulegen, insoweit dieser Manipulation nicht die zarte Beschaffenheit des letzteren selbst oder der in ihm neugebildeten Zellen ein Hinderniss entgegensetzt, wo man sich dann mit zarten Mittellamellen des Eichens begnügen muss. Eine geschickte Führung des Messers und der Nadel, sowie die erforderliche Geduld, die vor dem häufigen Misslingen der Präparation nicht zurückschreckt, werden indessen auch hier zum Ziele führen, namentlich wenn passende Pflanzen ausgewählt werden, wozu z. B. Gladiolus, Crocus, Zea, Euphrasia, Cheiranthus und andere gehören. Die Beobachtung selbst nimmt man unter einer der Seite 271 des ersten Bandes angeführten Zusatzflüssigkeiten vor, um das natürliche Verhältniss so wenig als möglich zu stören, und namentlich auch die Neubildungsprocesse nicht zu verdunkeln, was immer mehr oder weniger durch den Einfluss des Wassers geschieht.

Es sind vorzugsweise die Spitze und das gegenüberliegende Ende des Embryosackes, wo man die neu entstandenen Zellen zu suchen hat. In der ersteren liegen die beiden Keimzellen, in dem letzteren eine oder mehrere Zellen, die sogenannten Gegenfüssler (Fig. 293). Die Keimzellen sind Primordialzellen, d. h. sie besitzen nur eine Zellhaut, noch keine Zellstoffhülle. Ueber jeder derselben erkennt man bald mehr bald minder deutlich ein eigenthümliches Structurverhältniss. Es ist nämlich dort eine eigenthümlich glänzende streifige Zellstoffmasse, welche sich über die Spitze der Keimbläschen mehr oder minder hinwegzieht, bis unter die Spitze des Embryosackes reicht, über dieselbe die Zellstoffhülle durchbrechend hervorragt oder sogar aus dem Eimunde hervortritt (Watsonia und Santalum album, Fig. 294). Ueber die Natur dieser Zellstoffmasse, welche von ihrem Entdecker Schacht den Namen Fadenapparat erhalten hat, besteht noch eine Controverse. Schacht und Schenk betrachten den Fadenapparat als der Keimzelle angehörig, Hofmeister schreibt ihn einer Cuticularbildung der Embryosackhülle zu. Soweit ich in dieser Beziehung aus eigenen Beobachtungen schöpfen kann, sowie nach dem, was ich an den unübertrefflich klaren Präparaten Schacht's gesehen, die mir in grosser Anzahl zur Verfügung standen, muss ich mich der Ansicht der Ersteren anschliessen.

Die Lage der Keimzellen ist je nach der Form der Spitze des Embryosackes eine verschiedene. Bald stehen dieselben ziemlich auf gleicher Höhe nebeneinander, bald liegt das eine höher in der Spitze und das andere etwas tiefer, mehr nach der Seite gewendet.

Die Einwirkung des Pollenschlauches auf die Keimzellen. — Der in den Eimund eingedrungene Pollenschlauch durchbohrt, wo dieses vorhanden ist, das Gewebe der Kernwarze und dringt bis zu dem Embryo-

Digitized by Google

sacke vor. Liegen die Keimzellen innerhalb der Zellstoffhülle des letzteren, so wird auch diese durchbohrt (Canna). Der bis zur Spitze der Keimzelle gelangte Pollenschlauch legt sich nun mit seiner Spitze, wo dessen Zellstoffhülle in der Regel mehr oder minder aufgequollen und sein Inhalt verhältnissmässig spärlich erscheint, an den Fadenapparat der

Fig. 293.

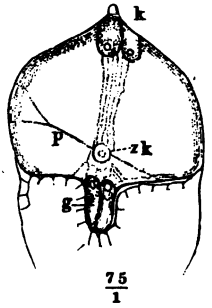


Fig. 292. Der obere Theil des Samenknospenkernes von Crocus. *P* der Embryosack mit seinem Zellkerne *z k*, *k* die Keimkörperchen, *g* die Gegenfüssler. Vergr. 1 : 75.

Fig. 294.

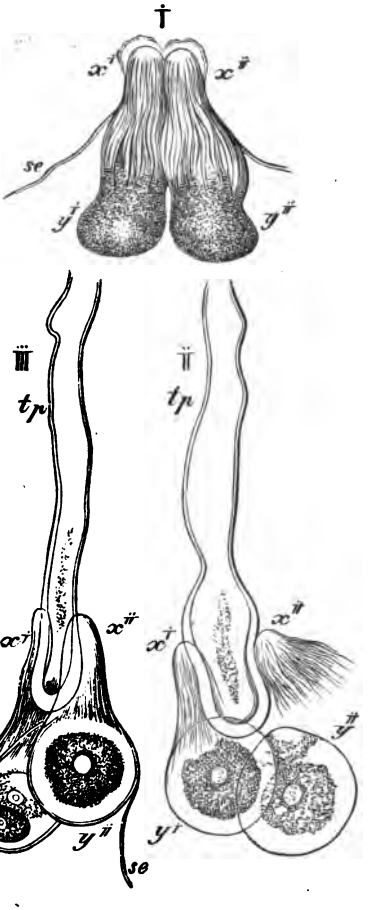


Fig. 293. Der Befruchtungsvorgang beim Siegwurz (Gladiolus segetum). I. Die beiden Keimkörperchen in der Spitze des Embryosackes, *x* der sogenannte Fadenapparat, *y* die zu befruchtenden Protoplasmakugeln, *se* Membran des Embryosackes. II. Ein Pollenschlauch (*tp*), welcher die beiden Keimkörperchen kürzlich befruchtet hat, mit ihnen freigelegt; die um die Protoplasmakugeln entstandenen Membranen sind noch sehr dünn. III. Ein etwas späterer Zustand; die Membranen sind dicker, das befruchtende Keimkörperchen y^1 beginnt sich weiter zu entwickeln und in zwei Zellen zu theilen. Vergr. 1 : 400.

Keimbläschen an und geht mit demselben eine mehr oder minder feste Verbindung ein (Fig. 294). Jetzt macht sich auch in der Keimzelle eine Veränderung bemerklich. Der Inhalt zeigt Vacuolen und etwas später Protoplasmastreifen zwischen Umfang und Kern, während zugleich eine zart contourirte Zellstoffumhüllung auftritt. Die Befruchtung ist wahrscheinlich durch Hinübertreten eines Theiles des Pollenschlauchinhaltes in die

Digitized by Google

Keimzellen mittelst Diffusion vollzogen und es geht eines oder seltener beiden Keimbläschen der Umbildung zu der jungen Keimpflanze entgegen. Im ersteren Falle geht die sich nicht weiter entwickelnde Keimzelle bald zu Grunde, während die andere sich mehr oder minder stark verlängert und dann in zwei Zellen theilt, von denen die obere zum Embryoträger, die andere zur Mutterzelle des Keimes wird.

Neben diesen Umbildungen in der befruchteten Keimzelle erfolgt in dem Embryosacke mit Ausnahme nur weniger Pflanzen ein weiterer Zellenbildungsprocess, der dem Sameneiweisse seine Entstehung gibt. Hier waltet insofern eine Verschiedenheit, als diese Neubildung entweder durch aufeinanderfolgende Theilungen in der Art erfolgt, dass sich der Embryosack durch eine wagerechte Scheidewand zuerst in zwei, dann diese beiden Tochterzellen sich wieder in gleicher Weise theilen und dieser Process sich dann in aufeinander senkrechter Richtung fortsetzt, oder dass in dem Wandprotoplasma des Embryosackes die Mutterzellen des Sameneiweisses zunächst durch freie Zellenbildung hervorgehen, und sich dann erst durch Theilung vermehren. In beiden Fällen entsteht ein dichtes Gewebe, welches die Keimanlage umgibt und je nach den Pflanzen bald den ganzen Embryosack, bald einen bestimmten grösseren oder kleineren Theil desselben erfüllt.

Digitized by Google

Figurenerklärung.

Allgemeine Organisation der Zelle.

Tafel I.

Fig. 1. Eben entstandene, nur mit der Zellhaut umkleidete Pollenzelle. II. Junge Endospermzellen; *a*, *b*, *c* die verschiedenen Entwickelungsfolgen. III. Keimbläschen zur Befruchtung bereit. Bei allen Figuren bezeichnet *k* den Zellkern. Vergr. 1 : 670.

Fig. 2. I. und II. dieselben Objecte wie Fig. 1. I. und III. nach der Abscheidung der Zellstoffhülle; *x* Ansatzstelle des Keimbläschens am Embryosack.

Fig. 3. I. Junges Pollenkorn. II. Parenchymzelle aus der Rinde von Nerium. In beiden Objecten die Primordialzelle zusammengefallen, bei I. in Folge der Jodwasserwirkung, bei II. in Folge der Mazeration in Wasser. *k* Zellkern, *h* Zellhaut, *c* Zellhülle, *p* das Protoplasma, welches sich theilweise von der Zellhaut abgelöst hat und stärker geschrumpft ist. Vergr. 1 : 670.

Fig. 4. Verschiedene Zellkerne: I. aus Kleinia sp. mit mehreren Kernkörperchen *n*, *a* und *b* Flächenansicht, *c* Durchschnittsansicht; II. aus der Frucht von Solanum tuberosum mit verdichteter Aussenschicht und einem sehr grossen Kernkörperchen, das noch ein kleines hellglänzendes Kernchen einschliesst; III. aus Spyrogyra nitida; IV. aus einer Spaltöffnung von Allium cepo. Vergr. 1 : 1200.

Fig. 5. Einzelne Zellen: I. aus Vallisneria spiralis mit im wandständigen Protoplasma *p* gebetteten Zellkern *k*; II. aus Solanum tuberosum mit mittelpunktständigem Zellkern. Vergr. 1 : 660.

Fig. 6. Zellen aus dem Blattparenchym von Vallisneria spiralis mit wandständigem Protoplasmastrom. Der Strom verläuft in einer geneigten Bahn an den senkrecht stehenden Wänden und ist die in der Zeichnung durch die Haltung des Inhaltes angedeutete höhere und tiefere Lage erstere durch +, letztere durch ϕ bezeichnet, *p* Protoplasma, *k* Zellkern, *cl* Chlorophyllkörner; bei *x* letztere ausserhalb des Stromes gelanzt und ruhend. Vergr. 1 : 1000.

Fig. 7. Parenchymzelle aus dem Blüthenschaft von Tradescantia virginica mit nahezu einfach spiraligem Protoplasmastrom, der an der Wand verläuft. *k* Zellkern, *p* Protoplasma, *cl* Chlorophyllkörner. Vergr. 1 : 420.

Fig. 8. Haarzelle von Chelidonium majus mit Binnenströmchen. Die Richtung der Strömchen durch Pfeile angedeutet. *k* Zellkern, *p* Protoplasma. Vergr. 1 : 820.

Fig. 9. Zellen des Staubfädenhaares von Tradescantia virginica mit verschiedenen Entwickelungsstufen der Protoplasmaströmchen, welche durch die Reihenfolge der Buchstaben *a* (1 und 2), *b*, *c* angedeutet sind; *d* ist eine alte Haarzelle, in der die Protoplasmaströmchen erstarrt sind und ein homogen glänzendes Aussehen angenommen haben. Die dunkleren Körnchen im Protoplasma bestehen aus Stärke. Vergr. 1 : 660.

Digitized by Google

Fig. 10. I. Querschnitte durch junge Laubblätter von Allium cepa. *a* von einem ganz jungen gelblichen Blättchen mit homogen grünlichgelbem Wandbeleg; *b* von einem etwas älteren Blatte, der Wandbeleg ist mehr ergrünt und beginnt sich zu theilen; bei *x* eine Parenchymzelle von oben gesehen. II. *a* Querschnitt aus dem jungen Blättchen einer Chenopodiacee (Basella) mit gelbgrünem sich theilendem Wandbelege, der hier und da unterbrochen erscheint und mit farblosen Protoplasmastreifen *pl* zusammenhängt; *b* eine einzelne Zelle aus einem älteren Blatte, in dem die Chlorophyllbildung zum Theil schon vollendet oder die Theilung des grünen Wandbeleges doch nahezu beendet ist. Vergr. 1 : 660.

Fig. 11. Zwei Zellen aus der jungen Kapselwand von Marchantia mit in der Nähe des Kernes *k* stattfindenden Chlorophyllbildung *cl*. Vergr. 1 : 1200.

Fig. 12. Drei Zellen aus dem äusseren Stengelparenchym des Keimes von Allium cepa. *a* Das gelbe Protoplasma umhüllt den centralen Kern und sendet Fäden gegen die Wand. *b* Eine ältere Zelle mit beginnender Chlorophyllbildung an der Wand; das Protoplasma bildet um den Zellkern nur noch eine dünne Schicht. *c* Zellkern an die Wand gelegt, feine Fäden farblosen Protoplasmas, das Chlorophyll an der Wand vollkommen ausgebildet. (Copie nach Sachs, Bot. Ztg. 1863, Tafel III.)

Tafel II.

Fig. 13. Entstehung der Stärke in dem Chlorophyll. I. Einzelne Chlorophyllkörner aus dem Blatte von Mikania scandens mit einzelnen Stärkekörnern. II. Desgleichen aus dem Blatte von Tradescantia mit zahlreichen Stärkekörnchen. III. Desgleichen aus dem Blatte von Basella mit einzelnen sowohl als mit mehreren Stärkekörnchen. Die Entwickelungsfolge nach der Folge der Buchstaben. *st* Stärke. Vergr. 1 : 1280.

Entstehung der Pflanzenzelle.

Fig. 14. Freie Zellenbildung in dem Embryosacke von Phaseolus multiflorus. *k* Freie Kerne, *a a* eben um den Keim entstandene junge Zellen, *b b* weiter fortgeschrittene Entwickelungsstände, *c* und *d* mit der Zellstoffhülle umgebene Zellen verschiedenen Alters.

Fig. 15. Entwickelung der Keimzelle von Marchantia polymorpha. Von *a* bis *d* verschiedene Entwickelungsstufen vor der Befruchtung, *e* nach der Befruchtung und Abscheidung der Zellhülle, *k* Zellkern, *c* Centralzelle, *K* Keimzelle. Vergr. 1 : 740.

Fig. 16. Sporenbildung von Peziza leuoloma (?). *a* Sporenschlauch mit einem centralen Kern und kleinen Vacuolen *v*, *b* Sporenschlauch mit acht freien Kernen, *c* bis *e* Sporenschläuche mit jungen Sporen, *sp* ohne Zellstoffhülle, *f* Theil eines Sporenschlauches auf der Stufe *e* mit Jodtinctur behandelt, *g* Sporenschlauch mit jungen Sporen, welche eben ihre Zellstoffhülle gebildet haben, *h* fertige Spore. Vergr. 1 : 620.

Fig. 17. I. Theil eines Fadens von Ulothrix zonata in vegetativem Zustande. II. Theil eines solchen Fadens, in welchem Schwärmsporen entstehen. *a* bis *f* Folge der verschiedenen Entwickelungsstufen, *h* Scheiden in Auflösung begriffen. Vergr. 1 : 670.

Fig. 18. I. Aus einem Querschnitt von Pinus silvestris (halbschematisch, indem die verschiedenen Entwickelungsstufen dicht an einander gereiht wurden). Die Zahlen 1 bis 3 bezeichnen die sich folgenden Entwickelungsstufen in der Cambiumregion *c c*. Bei 1 beginnt die Zelle sich zu theilen, bei 2 ist die Theilung vollendet, aber noch keine cambiale Zellhülle abgeschieden, bei 3 hat die Abscheidung der letzteren stattgefunden. *m m* Markstrahlen, *h* Holz-, *b* Basttheil des Gefässbündels. Vergr. 1 : 500. — II. Zelltheilung in dem Endosperm von Phaseolus multiflorus unter verdünnter Eiweisslösung betrachtet. *a* Zelle zur Theilung bereit, *b* Theilung des Kernes und der Mutterzelle, *c* Theilungszustand mit junger Zellhülle der Tochterzellen, die aber noch äusserst zart ist, *d* eine Zelle in Theilung; die der Vollendung der Theilung nahe Mutterzelle ist durch die längere Einwirkung von Wasser zusammengefallen.

Digitized by Google

Tafel III.

Fig. 19. *a* bis *g* verschiedene Theilungszustände der Cladophora glomerata. *d* der Entwickelungszustand von *c* mit Jodjodkalium behandelt. Vergr. 1 : 400.

Fig. 20. Zelltheilung von Ulothrix zonata. I. Theil eines unverletzten Fadens in dem Wasser betrachtet, in dem die Pflanze vegetirt. *a* bis *f* bezeichnen die Folge der Entwickelungsstufen, *g* eine nahezu ausgewachsene und zur Theilung bereite Zelle. II. Theil von einem in Chlorcalcium aufbewahrten Faden. *a* bis *d* die Folge der verschiedenen Theilungszustände ausweisend. Vergr. 1 : 500.

Tig. 21. Zelltheilung von Oedogonium apophysatum (Alex. Br.). *a* bis *c*, dann *e*, *f* und *h* die verschiedenen Entwickelungszustände; *d* Theil einer Zelle auf der Entwickelungsstufe *c* mit Jodjodkaliumlösung behandelt, *g* desgleichen auf der Stufe *f* mit Jod und Schwefelsäure behandelt, wodurch nicht nur die Primordialzelle, deren Theilung noch nicht vollendet, zusammengefallen, sondern auch die jugendliche Zellstoffhülle *tz* von der Mutterzellhülle *mz* theilweise zurückgezogen worden ist; *k* Zellkern, *z* die Ringfalte, z^1 die Zellstoffhülle jüngster, z^2 jene der vorhergehenden Generation, *s* die Scheide, *m* die Theilungsstelle, *mz* die Mutterzellhülle der eben getheilten Zelle, *tz* die Tochterzellhülle. Vergr. 1 : 670.

Fig. 22. Vier Theilungszustände der pollenbildenden Zellen von Anthericum Liliago. Vergr. 1 : 400.

Fig. 23. *a*, *c*, *e* und *f* Verschiedene Theilungszustände der pollenbildenden Zellen von Cucurbita pepo; *b* und *d* den Figuren *a* und *c* entsprechende Zustände nach der Behandlung mit Jodkalium; *f* Entstehung der jungen Pollenzellen in deren Mutterzellen. Vergr. 1 : 670.

Tafel IV.

Fig. 24. *a* bis *c* Theilung der sporenbildenden Zellen von Marchantia polymorpha. Vergr. 1 : 670.

Fig. 25. Theilung der Sporenmutterzellen von Pellia epiphylla. *a* Mutterzelle, *b* Mutterzelle mit beginnender Ausstülpung und den Zellkernen für die Tochterzelle; *c* vollendete Einstülpung, der körnige Inhalt hat sich in den Tochterzellen angesammelt; *d* weiterer Entwickelungszustand, in dem sich um die jungen Sporen die Zellhaut gebildet hat; *e* die Sporen haben sich mit der Zellstoffhülle umkleidet; *f* Ueberreste der Sporenmutterzellen. Vergr. 1 : 420.

Die Umbildung der Zellen (Entstehung der Verdickungsschichten).

Fig. 26. Entwickelungsgeschichte des Spiralbandes der Schleuderzellen von Fegatella conica. I. Junge Schleuderzelle mit Stärkekörnern und sich eben bildenden Vacuolen. II. Stück einer etwas älteren Zelle, in der sich die Vacuolen so vergrössert haben, dass nur noch schmälere die Stärkekörner mitführende Protoplasmastreifen bleiben, die bei III. in spiralige Protoplasmabänder (Protoplasmaströmchen) übergehen. IV. Mittelstück einer Zelle wie bei III. mit schwacher Zuckerlösung behandelt, worauf die Primordialzelle nebst den Protoplasmaströmchen zusammengefallen ist. V. Theil einer Schleuder, in der das Verdickungsband sich eben zu bilden begonnen hat. VI. Aehnlicher Zustand nach der Behandlung mit Zuckerlösung. VII. Mittelstück einer völlig ausgebildeten Schleuder mit schon verholztem Spiralbande. Vergr. 1 : 660.

Fig. 27. Entwickelung der secundären Verdickung der Kapselwandzellen von Marchantia polymorpha. I. Zellen, in denen das um den Kern gelagerte Chlorophyll noch vollständig erhalten und das Protoplasma mit kleinen Körnern gleichmässig über die Zellwand verbreitet ist. II. Zellen, in denen das Chlorophyll verschwunden ist und in dem kleinere Stärkekörner enthaltenden Wandbelege des Protoplasmas rundliche Vacuolen entstanden sind. III. Zelle mit zu schmalen Bändern entwickeltem Wandbelege, in welchem nur noch ganz kleine Stärke-

Digitized by Google

körnchen enthalten sind. IV. Aehnlicher Entwickelungszustand mit Zuckerlösung behandelt, wodurch die Primordialzelle mit dem Inhalte, der noch die spiralstreifige Protoplasmaanordnung zeigt, zusammengefallen ist. V. Zelle, in der die Entwickelung der Zellstoffabscheidung der Spiralbänder begonnen hat. VI. Aehnlicher Zustand mit Zuckerlösung behandelt, wodurch die Primordialzelle summt dem Inhalte von der die spiralige Verdickung zeigenden Zellstoffhülle zurückgezogen wurde. VII. Vom Inhalte entleerte Zelle mit vollständig entwickelten secundären Verdickungsbändern. Vergr. 1 : 800.

Fig. 28. Entwickelung der netzförmigen Verdickungsschichten in den Gefässzellen von Impatiens noli tangere. I. Gefässzelle mit zwei benachbarten Zellen, welche Binnenströmchen erkennen lassen. In der Gefässzelle überkleiden zahlreiche netzförmig verbundene Wandströmchen die Zellhaut, während von dem bereits wandständigen Kerne aus noch einzelne Binnenströmchen durch das Lumen der Zelle ziehen. II. Eine ähnliche Zelle nach der Behandlung mit schwacher Jodlösung, so dass sich die die verzogenen Protoplasmaströmchen umkleidende Primordialzelle von der noch völlig glatten primären Zellstoffhülle zurückgezogen hat. III. Eine gleiche Gefässzelle mit den sie von oben und unten begrenzenden Zellen auf einer späteren Entwickelungsstufe. Dieselbe ist mit schwacher Jodlösung behandelt, so dass sich auf der frei gewordenen primären Zellstoffhülle die secundären netzförmigen, den Protoplasmaströmchen entsprechenden Verdickungsschichten beobachten lassen. Vergr. 1 : 340.

Intercellularsubstanz und Cuticula.

Tafel V.

Fig. 29. I. Theil aus dem Querschnitte des Holzes von Abies excelsa bei solcher Einstellung, dass die Intercellularsubstanz *(i)* als dunkleres Netzwerk zwischen den primären Zellstoffhüllen *p* erscheint. II. Aehnliches Präparat mit Salpetersäure kurze Zeit gekocht und dann unter Ammoniaklösung betrachtet, wodurch die Intercellularsubstanz eine hochgelbe Farbe angenommen hat. III. Theil eines Querschnittes, der zuerst kurze Zeit mit Salpetersäure gekocht und dann mit kalter Kalilösung behandelt wurde; die Zellen erscheinen getrennt und die Intercellularsubstanz, welche sich durch ihre gelbe Färbung zu erkennen giebt, theilweise gelöst. IV. Aehnlich behandeltes Präparat unter Chlorzinkjodlösung betrachtet. Die Intercellularsubstanz *i* dunkelgelb, die ganze Zellstoffhülle von der primären *p* bis zur tertiären Schicht *t* violett gefärbt. V. Theil eines zuerst in Salpetersäure, dann in Kalilösung gekochten Querschnittes, wodurch die Intercellularsubstanz gelöst wurde und die Zellen durch leere Zwischenräume *zz* getrennt erschienen. VI. Ein ähnlich behandelter Schnitttheil unter Chlorzinkjodlösung betrachtet; Bezeichnung wie in V. Vergr. I. bis VI. = 1 : 520.

Fig. 30. I. Theil eines Querschnittes aus dem Holze von Pinus canariensis kurze Zeit in einem Gemisch von Salpetersäure und chlorsaurem Kali digerirt, wodurch die Intercellularsubstanz *i* gelockert wurde und als dunklere, stärker entwickelte Zwischenmasse zwischen den höchst deutlich hervortretenden primären Zellstoffschichten *p* erscheint. II. Aehnlich behandeltes Präparat nach der Einwirkung von Jodlösung, wodurch verschiedene Färbung in der Intercellularsubstanz und den Zellstoffhüllen hervorgerufen wird. Vergr. I. u. II. = 1 : 520.

Fig. 31. Netzwerk der Intercellularsubstanz aus dem Astholze von Pinus silvestris. Vergr. 1 : 800.

Fig. 32. I. Theil eines Querschnittes durch Cambium, Holz und Bast von Pinus strobus im Winter mit Jod und Schwefelsäure behandelt. *C* Cambiumzellen, *H* Holz, *B* Bast, *H'* und *B'* die noch zu Holz und Bast übergetretenen unverholzten Zellen, *z* die Zwischenmasse, *i* Intercellularsubstanz, *p* primäre Zellstoffhülle. II. Ein ähnliches, gleich behandeltes Präparat von Carpinus betulus. *mm* Markstrahl; die übrige Bezeichnung wie I. Vergr. I. u. II. = 1 : 800.

Fig. 33. I. Theil eines Querschnittes durch Holz, Cambium und Bast von Pinus strobus zur Zeit der eben begonnenen Vegetation. Es haben sich wenig Holz- und Bastzellen gebildet und die Cambiumzellen sind in der Theilung begriffen. Die Bezeichnung wie bei den vorhergehenden Figuren. Vergr. 1 : 800. II. Theil

Digitized by Google

eines Querschnittes durch die in vollem Wachsthum begriffene Wurzel von Pinus strobus mit der fortschreitenden Verholzung von Zellstoff und Intercellularsubstanz nach der Behandlung mit Jodlösung und Schwefelsäure; Bezeichnung wie in den vorhergehenden Figuren. Vergr. 1 : 1000.

Fig. 34. I. Theil eines Querschnittes durch das Blatt von Dasylirium serratifolium bei *a* unter Wasser, bei *b* unter Jod und Schwefelsäure beobachtet, *c* Cuticula, *p* älteste Zellstoffschichten, *s* secundäre Cuticularschichten, *t* jüngste Verdickungsschichten, *sp* Spaltöffnung und darunter liegende Luftlücke. II. Ein ähnliches Präparat in Aetzkalilauge erwärmt. Die Cuticula *c c* theilweise gelöst und dadurch deren Volumen bedeutend vergrössert; hier und da sieht man, wie sich die Cuticula als Intercellularsubstanz zwischen die stark aufgeschwollenen Verdickungs- oder Cuticalschichten *s s* hineinzieht, während sie weiter nach Innen schon gelöst erscheint; *t* tertiäre Hüllschicht. III. Aehnliches Präparat nach längerer Einwirkung der Kalilauge, so dass die Cuticula theilweise vollständig gelöst und die Oberhautzellen getrennt erscheinen. IV. Aehnliches Präparat nach kürzerer Behandlung mit Aetzkalilauge in der Wärme unter Chlorzinkjodlösung betrachtet. Die in Auflösung begriffene Cuticula *c c* nimmt eine hell schmutziggelbe Farbe an, während sämmtliche Zellstoffschichten mehr oder minder rein violett werden. Vergr. I. bis IV. = 1 : 536.

Fig. 35. I. Theil eines Querschnittes durch die Oberhaut des Blüthenschaftes von Aloe succatrina mit stark entwickelter Cuticula *c c* und nicht cuticularisirten Verdickungsschichten *s s*. Bei *a* unter Wasser betrachtet, bei *b* nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung, *sp* Spaltöffnung mit der darunter liegenden Luftlücke. Vergr. 1 : 536. II. Aehnliches Präparat nach der Erwärmung in Aetzkalilauge. Vergr. 1 : 650. III. Desgleichen unter Chlorzinkjodlösung betrachtet. Vergr. 1 : 650. Die durch die Reagentien hervorgerufenen Erscheinungen sind hier ganz dieselben wie in der Fig. 34 III. u. IV.

Tafel VI.

Fig. 36. I. Theil eines Querschnittes durch die Oberhaut eines ganz jungen Schaftes von Allium cepa unter Chlorzinkjodlösung beobachtet, nachdem diese einige Stunden eingewirkt hatte. *c* Cuticula, *i* Intercellularsubstanz, *s* Zellstoffschichten, *z* Primordialzelle mit Kern. Vergr. 1 : 640. II. Ein ähnliches in gleicher Weise behandeltes Präparat von einem etwas älteren Schafte. Die Bezeichnung und Vergrösserung gleich der von I. III. Theil aus dem Längsschnitt eines jungen Laubblattes von Allium porrum unter Chlorzinkjodlösung. Die Cuticula *c* erscheint als dünnes braunes Häutchen, die Intercellularsubstanz bleibt wie oben ungefärbt. Vergr. 1 : 650.

Verholzung der Zellstoffhülle.

Fig. 37. Aus einem Querschnitte des Markes von Hoja carnosa nach der Behandlung mit Jodlösung und Schwefelsäure; bei *a* zwei unverholzte, bei *b* zwei verholzte Parenchymzellen. Vergr. 1 : 536.

Fig. 38. Zellen: *A* aus dem Längsschnitt, *B* aus dem Querschnitt durch den Stiel eines jungen Wedels von Cycas revoluta, welcher längere Zeit der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure ausgesetzt war. Die Zellstoffhülle erscheint verholzt, nur die Schliesshäute der Poren färben sich blau. Vergr. 1 : 370.

Fig. 39. Theil eines Querschnittes durch das Sameneiweiss von Phytelephas macrocarpa nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure, *i* Intercellularsubstanz, *s* secundäre Verdickungsschicht und primäre Zellstoffhülle, *t* tertiäre Hüllschicht, *P* Porencanal, *J* Inhalt. Vergr. 1 : 370.

Fig. 40. Theil eines Querschnittes durch das Bastbündel von Nerium Oleander nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung. Die Intercellularsubstanz zwischen den Bastzellen ist verschwunden, diese selbst *B* sind violett, die Parenchymzellen mehr blau gefärbt. Vergr. 1 : 800.

Fig. 41. Theil eines Querschnittes durch das Bastbündel von Cytissus Laburnum nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung. *i* Intercellularsubstanz, *p* und *s* primäre Zellstoffhülle und älteste secundäre Schichten, *s'* jüngere secundäre Schichten, *t* tertiäre Hülle. Vergr. 1 : 800.

Digitized by Google

Fig. 42. Aus dem Querschnitt durch die stark verdickten Zellen des Holzes von Quercus pedunculata nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung. *p* Netzwerk der primären Zellstoffhülle und Intercellularsubstanz (die nicht besonders gezeichnet wurde), *s* secundäre gallertartige Verdickungsschichten, *t* tertiäre Hüllschicht. Vergr. 1 : 800.

Oberhautgewebe.

Cuticularmetamorphose.

Oberhautzellen ohne Cuticularschichten.

Fig. 43. I. Querschnitt durch die Oberhaut von Allium officinalis nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula, *p* primäre Hüllschicht, *s* secundäre Verdickungsschichten, *t* tertiäre Hüllschicht. Vergr. 1 : 420. II. Querschnitt durch die Oberhaut von Rumex acetosa nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung. Die Cuticularmetamorphose hat sich keilförmig eine Strecke weit in die Intercellularsubstanz fortgesetzt. Bezeichnung wie I. Vergr. 1 : 660.

Oberhautzellen mit Cuticularschichten.

Fig. 44. Erste Modification der Cuticularmetamorphose. I. Querschnitt durch die Oberhaut des Blattes von Helleborus viridis nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *i* Intercellularraum, *x* eigenthümlich kantig vorspringende Partie der primären Zellstoffhülle; sonstige Bezeichnung wie Fig. 43 I. Vergr. 1 : 660. II. Querschnitt durch die Oberhaut des Blattes von Crinum capense nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula, *Cs* Cuticularschichten, welche die primäre und den älteren Theil der secundären Zellstoffhülle umfassen, *s* nicht cuticularisirte, jüngere secundäre Zellstoffschichten, *t* jüngste, *p* primäre Zellhüllschicht. Vergr. 1 : 670. III. Querschnitt durch die Oberhaut des Stengels von Asparagus officinalis nach der Behandlung mit Chlorzinkjodlösung. Bezeichnung wie in I. Vergr. 1 : 420. IV. Querschnitt durch die Blattoberhaut von Pleurothallus nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula, *Cs* sämmtliche secundären Hüllschichten umfassende Cuticularschichten, in denen die primäre Wendung nur noch angedeutet erscheint, *pt* jüngste Verdickungsschicht. Vergr. 1 : 670. V. Querschnitt durch die Blattoberhaut von Urostigma elasticum nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. Bezeichnung wie in IV. Die jüngste Verdickungsschicht ist durch längere Einwirkung stark aufgequollen. Vergr. 1 : 420. VI. Querschnitt durch die Oberhaut des Blattnerven von Nerium Oleander nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, welche in zwei Partien 1 und 2 zerfallen, von denen die äussere völlig structurlos erscheint, während man in der inneren, die häufig nur verholzt und nicht verkorkt, die einzelnen Zellen erkennen kann; *t* jüngste Verdickungsschicht. Vergr. 1 : 800.

Fig. 45. Zweite Modification der Cuticularmetamorphose. I. Querschnitt durch die Oberhaut des Blattstieles von Nerium Oleander nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, von denen die primären und die älteren Schichten 1 der secundären Zellstoffhülle derart verschmolzen sind, dass sie eine structurlose Masse bilden, während in den weniger stark verkorkten jüngeren secundären Schichten 2 die einzelnen Zellentheile noch zu erkennen sind; *t* tertiäre Verdickungsschicht; *p* primäre Zellstoffhülle, die bis in die Mitte der Seitenwand der Metamorphose anheimgefallen ist. Vergr. 1 : 800. II. Querschnitt aus der Oberhaut des Stengels von Ruscus racemosus nach längerer Einwirkung von Jod und Schwefelsäure. Bezeichnung wie in I. Die differenten jüngeren secundären Schichten wiegen bedeutend gegen die älteren vor. Vergr. 1 : 670. II. Querschnitt aus der Oberhaut des Blattes von Gasteria verrucosa nach längerer Einwirkung von

Digitized by Google

Chlorzinkjodlösung. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, bestehend aus der primären Zellstoffhülle und einem Theile der secundären Verdickungsschichten, von denen die älteren heller gefärbten 1 vollständig cuticularisirt, die jüngeren dunkler gefärbten 2 dagegen nur verholzt erscheinen; *s* nicht metamorphosirte jüngste secundäre Schichten; *t* tertiäre Hülle. Vergr. 1 : 670.

Fig. 46. Dritte Modification der Cuticularmetamorphose. Querschnitt durch die Oberhaut eines jüngeren Internodiums von Viscum album. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, welche hier sämmtliche Hüllschichten der oberen Zellenhälfte umfassen; *p* primäre Zellhülle. Vergr. 1 : 420.

Fig. 47. Vierte Modification der Cuticularmetamorphose. I. Querschnitt durch die Oberhaut von Ephedra distachya nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *p* primäre Zellstoffhülle auf der Grenze der Zellen im ganzen Umfange cuticularisirt, in der äusseren Partie nur angedeutet. *Cs* Cuticularschichten, von denen die jüngeren sich durch hellere Färbung auszeichnenden seitlich mit der sich hier gleich färbenden primären Hülle verschmolzen erscheinen; *t* tertiäre Hüllschicht; *B* unter der Oberhaut liegende, sich violett färbende Bastzellen. II. Querschnitt durch die Oberhaut der oberen Blattseite von Cycas revoluta nach längerer (24stündiger) Einwirkung von Chlorzinklösung. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, von denen die älteren völlig structurlos erscheinen, während bei den jungen, hier nur verholzten, die Zellenstructur angedeutet ist; *s* allseitig entwickelte jüngste secundäre, *t* tertiäre nicht umgewandelte Verdickungsschichten, welche von Porencanälen durchsetzt erscheinen; *p* primäre Zellstoffhülle. III. Ein ähnliches Präparat mit sonst dem obigen gleichen, nur darin abweichendem Verhalten, dass die (hier vollständig verkorkt gewesenen) Cuticularschichten durch eine innerste sich durch hellere Färbung auszeichnende Schicht (3) abgeschlossen werden. IV. Querschnitt durch die Oberhaut der unteren Blattfläche nach 24stündiger Einwirkung von Chlorzinkjodlösung. Bezeichnung wie in III. V. Querschnitt durch die Oberhaut des Wedelstieles ebenso behandelt wie II. bis IV. Das Verhalten schliesst sich dem des Präparates unter II. an. Es sind indessen die starken allseitig abgelagerten jüngeren Verdickungsschichten *s* und *t* schon etwas verholzt, so dass die violette Färbung nur schmutzig und schwach erscheint, so dass wir hier gleichsam eine Uebergangsstufe zu der nächsten Modification haben. VI. Querschnitt aus der Oberhaut eines jungen Internodiums von Chamaedorea gracilis nach längerer Dauer der Einwirkung von Chlorzinkjodlösung. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, die primäre Hülle *p* nebst sämmtlichen, nicht cuticularisirten, sondern verholzten secundären Verdickungsschichten umfassend, von denen die jüngste allseitig entwickelte, sich ebenso wie die primäre Hülle durch hellere Färbung unterscheidet; *t* tertiäre Hüllschicht; *P* Porencanäle. Vergr. I. bis VI = 1 : 800.

Fig. 48. Fünfte Modification der Cuticularmetamorphose. I. Querschnitt durch das Nadelblatt von Pinus silvestris nach längerer Einwirkung von Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *Cs* die sämmtliche Hüllschichten umfassenden Cuticularschichten, von denen nur die primäre Zellstoffhülle cuticularisirt ist, die übrigen Schichten aber nur verholzt erscheinen; *P* Porencanäle; *R* nicht umgewandelte Rindenzellen. Vergr. 1 : 800. II. Querschnitt durch die Oberhaut eines älteren Internodiums von Viscum album nach längerer Einwirkung von Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *Cs* sämmtliche Hüllschichten umfassende Cuticularschichten; *Co* von der Cuticularmetamorphose ergriffene Collenchymzelle. Vergr. 1 : 420. III. Querschnitt durch die Oberhaut eines älteren Internodiums von Urostigma elasticum nach der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. *c* Cuticula; *Cs* Cuticularschichten, die primäre, secundäre, structurlos gewordene, sowie die tertiäre Zellhülle umfassend; *Co* Collenchymzellenreihe, welche das Korkgewebe von dem Oberhautgewebe scheidet; *K* Korkzellen. Vergr. 1 : 800.

Digitized by Google

Alphabetisches Sachregister des zweiten Theiles.

A.

Achsenorgane 329.
Albumenzellen 109.
Aleuron 29.
Algen, Fortpflanzung 420.
— Gewebe 337.
— Schwärmsporen 47. 420.
— Zelltheilung 50.
Amylum 20.
Anhangsorgane der Oberhaut 183.
Anthere 440.
Antherenfächer 440.
Antheridium der Algen 442.
— „ Bärlappe 438.
— „ Characeen 425.
— „ Farne 434.
— „ Moose 429.
— „ Pilze 415.
— „ Rhizocarpeen 439.
— „ Schachtelhalme 436.
Anthocyan 37.
Anthoxantin 37.
Apothecien 418.
Apposition 23. 67.
Archegonium der Bärlappe 438.
— „ Characeen 425.
— „ Farne 433.
— „ Moose 428.
— „ Rhizocarpeen 439.
— „ Schachtelhalme 436.
Asci 409. 418.
Athemhöhle 177.
Aussenhaut des Pollens 442.
Aussenrinde 154.
Aussenrinde der Bärlappe 355.
— „ Dikotyledonen 364.
Aussenrinde der Farne 356.
— „ Monokotyledonen 360.
— „ Schachtelhalme 350.

B.

Basidie 412.
Bastfasern 145. 149. 193. 196. 199. 203. 210. 224. 245. 268.
Bastfasern, Verhalten zum polarisirten Licht 315.
Bastgefässe 132. 193. 196. 199. 203. 213. 252. 273.
Bastgefässe, Verhalten zum polarisirten Licht 322.
Bastparenchym 193. 196. 199. 203. 214. 250. 272.
Basttheil des Gefässbündels, Entstehung 205. 206.
Basttheil des Gefässbündels der Bärlappe 196.
— der Dikotyledonen 224. 245
— „ Farne 198.
— „ Gymnospermen 268.
— „ Monokotyledonen 210 ff.
— „ Rhizocarpeen 203.
— „ Schachtelhalme 193.
Bärlappe, Bau des Stengels 354.
— „ „ Blattes 386.
— „ der Fruchtorgane 438.
Befruchtungskörperchen der Algen 423.
— der Bärlappe 438.
— „ Characeen 428.
— „ Farne 434.
— „ Rhizocarpeen 446.
— „ Schachtelhalme 437.
Bewegung des Protoplasmas 12.
Binnenströmchen des Protoplasmas 13.

Digitized by Google

Binnenströmchen, Entstehung der 14.
Blatt der Bärlappe 386.
— „ Cycadeen 387.
— „ Dikotyledonen 403.
— „ Farne 386.
— „ Monokotyledonen 397.
— „ Moose 383.
— „ Nadelhölzer 392.
— „ Schachtelhalme 385.
Blattgrün 32.
Blattrinde 389. 392. 398. 404.
Blumenkrone, Bau 408.
Blüthenstaub, Bau 442.
Borke, Entstehungsweise 163.
Borke der Laubhölzer 164.
— „ Nadelhölzer 164.
Borsten 186.
Brennhaare 186.
Brutzellen 433.
Bündelstrahlen 256.

C.

Calyptra 431.
Cambialschicht 210. 223. 230.
Cambium, Zelltheilung des 49.
Cambium des Gefässbündels 205. 210. 223. 230.
Cambiumbündel 223. 224.
Cambiumring 229.
Cellulose 7.
Chlorophyll 32.
Chlorophyll, Formverhältnisse des 32.
— Entstehung des 34.
Cilien 421.
Circulation des Protoplasmas 14.
Collenchym der Rinde 154.
Collenchymzellen 108.
Copulation der Pilze 414.
— „ Algen 422.
Cuticula, Entstehung 104.
— chemisches Verhalten 104.
Cuticularmetamorphose 171.
Cuticularschichten, Structur 173.
— Entstehung 176.
— Verhalten zum polarisirten Licht 306.
Cystolithen 91.
Cytoblast (= Zellkern) 9.

D.

Dextrin 20.
Drüsen 186.

E.

Eichen, Bau 447.
— Entstehung 445.
Eelktricität, Einwirkung auf die Protoplasmaströmchen 17.
Embryosack 449.
Endosperm, Entstehung 43.
Endospermzellen, Theilung 49.
Epiblema 169.
Epidermis 169.
Epithelium 168.
Exine des Pollenkorns 442.

F.

Fadenapparat 450.
Farbstoffe, Formverhältnisse 36.
— Vertheilung und chemische Beschaffenheit 36.
Faserzellen 111.
Faserzellen, chemisches Verhalten der Zellhülle 119.
— Structur der Zellhülle 113.
— Verhalten zum polarisirten Licht 310.
— Zerstörung der Verdickungsschichten durch Pilze 116.
Faserzellenbündel der Farne 358.
— „ Monokotyledonen 360.
— „ Rhizocarpeen 359.
Filzgewebe der Pilze 330.
Flechten, Gewebe 335.
— Fortpflanzungsorgane 417.
Flechtenstärke (= Inulin) 27.
Formen der Verdickungsschichten 77.
Fortbildungsgewebe, Zelltheilung 49.
Fortpflanzungsorgane 409.
Fortpflanzungsorgane der Algen 420.
— der Bärlappe 438.
— „ Characeen 425.
— „ Farne 433.
— „ Flechten 417.
— „ Moose 428.
— „ Phanerogamen 440.
— „ Pilze 409.
— „ Rhizocarpeen 439.
— „ Schachtelhalme 436.
Freie Zellenbildung 43.
Fruchtknoten, Bau 444.
Fruchtkörper der Pilze 331.
— „ Flechten 418.
Füllzellen 244.

G.

Gefässbündel 187.
Gefässbündel der Bärlappe 195.
— „ Cycadeen 261.
— „ Dikotyledonen 223.
— „ Farne 198.
— „ Monokotyledonen 210.
— „ Moose 187.
— „ Nadelhölzer 261.
— „ Rhizocarpeen 202.
— „ Schachtelhalme 193.
Gefässbündel, Entwickelung der 205. 223.
Gefässbündelscheide der Bärlappe 355.
— „ Dikotyledonen 377.

Digitized by Google

Gefässbündelscheide der Farne 358.
— der Monokotyledonen 360.
— „ Rhizocarpeen 360. 375.
— „ Schachtelhalme 351.
Gefässbündelstrang, centraler, der Laubmoose 347.
Gefässbündelstrang, ringförmiger, der Laubmoose 348.
Gefässe 121. 193. 195. 198. 202. 210. 223. 266.
Gefässe, Verhalten zum polarisirten Licht 319.
Gegenfüssler der Keimzellen 450.
Gerbstoff 19.
Gewebe, gleichartige 138.
— ungleichartige 187.
Gitterzellen 132. 194. 196. 199. 203. 213. 252. 273.
Gonidien 337.
Granulose 23.
Gummi 19.
Gummigänge 145. 150. 279.

H.

Haare 185.
Haare, Verhalten zum polarisirten Licht 306.
Harz 279.
Harzgänge 150. 279.
Hautschicht des Protoplasmas 12.
Holzfasern 193. 195. 198. 202. 210. 224. 232. 262.
Holzfaser, gefächerte 235.
— Verhalten zum polarisirten Licht 310.
Holzgefässe 193. 195. 198. 202. 210. 240. 266.
Holzgefässe, Verhalten zum polarisirten Licht 319.
Holzparenchym 193. 195. 198. 202. 210. 236. 264.
Holzparenchym, Verhalten zum polarisirten Licht 298.
Holztheil des Gefässbündels 193. 195. 198. 202. 214. 232. 262.
Holzstoff 96.
Hyphen 329.

I.

Jahresringe, Bau 367.
Innenhaut des Pollens 442.
Innenrinde 148.
Innenrinde der Bärlappe 355.
— „ Cycadeen 364.
— „ Dikotyledonen 364.
— „ Farne 357.
— „ Monokotyledonen 360.
— „ Nadelhölzer 364.
— „ Rhizocarpeen 359.
— „ Schachtelhalme 351.
Intercellularräume 144.
Intercellulargänge 144.
Intercellularsubstanz 99.
Intercellularsubstanz, Entstehung 102.
— chemisches Verhalten 100.
— Verhalten zum polarisirten Licht 322.
Intine des Pollenkorns 442.
Intussusception 442.
Inulin 27.
Inulin, Verhalten zum polarisirten Licht 324.

K.

Kalk, oxalsaurer 37.
— oxalsaurer, sechsfach gewässerter 39.
— oxalsaurer, zweifach gewässerter 39.
— Verhalten zum polarisirten Licht 325.
Kapsel 431. 435.
Keimbläschen 450.
Keimsack (= Embryosack) 449.
Keimzelle 415. 422. 425. 429. 434. 439.
Keimzelle, Entstehung der 45.
Kelch, Bau 407.
Kern der Zelle 9.
Kernkörperchen 9.
Kieselhülle der Diatomeen 337.
Klebermehl 29.
Knospenhülle (siehe Eihülle) 446.
Knospenkern (siehe Eikern) 447.
Knospenmund (siehe Eimund) 447.
Körnerschicht des Protoplasmas 11.
Korkgewebe, Entstehung 157.
— primäres, Bau 160.
— primäres, Arten 161.
— secundäres, Borke 163.
— Verhalten zum polarisirten Licht 305.
Korkstoff 70.
Krystalle, Formen und Vorkommen 37.
— mikrochemisches Verhalten 41.
— Verhalten zum polarisirten Licht 325.
Krystalloide 29.
Krystalloide, Formverhältnisse 30.
— chemisches Verhalten 31.
— Verhalten zum polarisirten Licht 324.

L.

Lager der Pilze 329.
— „ Flechten 335.
— „ Algen 337.
Lagerzellen, Verhalten zum polarisirten Licht 289.
Lederkork 163.
Luftgänge 144. 279.
Lufträume 279.

M.

Makrosporen 438.
Markgewebe 140.
Markscheide 266.
Markstrahlen 256.
Mark-Rindenstrahlen 256.

Digitized by Google

Markschicht des Pilzstrunkes 331.
— „ Flechtenlagers 336.
Membran, primäre der Zelle 6.
Mikrosporen 438.
Mikropyle 447.
Milchsaftgänge 145. 279.
Milchsaftgefässe 145. 149. 213.
Milchsaftzellen der Pilze 331.
Mittelsäulchen der Mooskapsel 432.
Moosstärke (= Inulin) 27.
Mündungsbesatz 432.
Mutterzellen 43 ff.
Mycelium 329.

N.

Narbe 444.
Nebenorgane der Oberhaut 85. 126.
Netzförmige Verdickungsschichten 85.
Netzförmige Verdickungsschichten, Entstehung 91.
Netzförmige Röhrenzellen 126.
Netzförmige Durchbrechung der Gefässscheidewände 121.
Nucleus (= Zellkern) 9.
Nucleolus (= Kernkörperchen) 9.

O.

Oberhautgewebe 9.
Oberhautgewebe, Nebenorgane des 183.
— Verhalten zum polarisirten Licht 306.
Oelgänge 145. 150. 280.
Oogonium der Pilze 414.
— „ Algen 422.
Oosporen der Pilze 415.
— „ Algen 421.

P.

Papillen 184.
Paraphysen 409. 418.
Parenchymzellen 106.
Parenchymzellen, stark verdickte 108.
— verholzte 111.
Parenchymzellen des Gefässbündels (siehe Holz- und Bastparenchym).
Parenchymzellen, Verhalten zum polarisirten Licht 296.
Parenchymzellen, buchtige 63.
— polyedrische 60.
— rundliche 60.
— sternförmige 63.
— tafelförmige 62.
Perichaetium 428.
Periderma 163.
Pilzgewebe 329.
Pollen, Bau 442.
Pollenkörner, Entstehung der 47.
Pollenmutterzellen, Entstehung der 47.
Pollenschlauch 448. 450.
Poren, geschlossene 86.
Poren, offene 87.
— behöfte 87.
— Entstehung der 95.
Porencanal 86.
Primäre Zellhülle 6.
Primordialschlauch 3.
Primordialzelle 1.
Proteinkrystalle 29.
Protoplasma 11.
Protoplasma, chemische Beschaffenheit 18.
Protoplasmaströme 12.
Protoplasmaströme, Entstehung der 14.
— Verhalten gegen äussere Einflüsse 15.
Pycnidien 420.

Q.

Querscheidewände der Holzgefässe 121.
— „ Siebröhren 132.

R.

Raphiden 37.
Resorption der Mutterzellen 49.
— „ Gefässquerscheidewände 121.
Rinde, äussere 154.
— innere 148.
Rinde der Bärlappe 355.
— „ Dikotyledonen 364.
— „ Farne 356.
— „ Laubmoose 346.
— „ Lebermoose 345.
— „ Monokotyledonen 360.
— „ Rhizocarpeen 359.
— „ Schachtelhalme 350.
Rindenschicht des Pilzstrunkes 331.
— „ Flechtenlagers 335.
Rindengewebe 147.
Rindengewebe, Entwickelung 156.
Ringförmige Verdickung der Zellhülle 76.
Ringgefässe 122.
Röhrenzellen 121.
Röhrenzellen, ringförmige 122.
— spiralige 123.
— netzförmige 126.
— poröse 127.
— porös-spiralige 131.
— siebförmig poröse 132.
— Verhalten gegen polarisirtes Licht 319.
Ruhesporen der Ascomyceten 409.
— „ Uredineen 411.
Ruhesporen, durch Abschnürung entstanden 412.
Ruhesporen, durch Copulation 414. 422.

S.

Saftfäden (Paraphysen) 409. 430.
Salze im Zellsaft 19.
Sameneiwseis, Entstehung 450.

Digitized by Google

Sameneiweiss, Zelltheilung 49.
Samenknospe 444.
Samenkörperchen (siehe Befruchtungskörperchen).
Schichtung der Zellhülle 67.
— „ „ Entstehung 72.
— „ Stärkekörner 21.
Schimmelpilze, Gewebe 329.
Schleierchen 435.
Schleuderzellen der Lebermoose 431.
Schuppen 186.
Schwärmfäden (siehe Befruchtungskörperchen).
Schwärmsporen, Entstehung 47.
Schwärmsporen der Pilze 411.
— „ Algen 420.
Seta der Lebermoose 431.
Siebporen 132.
Siebröhren 132. 213. 252.
Soredien 419.
Spaltöffnungen 176.
Spaltöffnungen, Stellung auf den Blattflächen 177.
Spaltöffnungen, Vertheilung über die Oberhaut 177.
Spaltöffnungen, Lage zur Oberhaut 179.
— Entstehung 181.
Spermatien der Pilze 416.
— „ Flechten 420.
Spermatozoiden (siehe Befruchtungskörperchen).
Spermogonien 416. 420.
Spiralbänder, Windung der 79.
Spiralbänder, einfache 124.
— mehrfache 124.
Spiralige Verdickung der Zellhülle 79.
— Entstehung 91.
Spiralgefässe 123.
Sporen, Entstehung der Vierlings- 46.
— der Ruhesporen von Pilzen und Flechten 47.
Sporenbildung durch Theilung 413.
Sporenkapsel (Sporangium) der Farne 435.
— der Moose 431.
— „ Schachtelhalme 437.
Sporenmutterzellen, Entstehung 57.
Sporenschläuche der Pilze 409.
— „ Flechten 418.
Stacheln 187.
Stärke 20.
Stärkekorn, Grösse und Form 21.
— Schichtung 21.
— Entwickelung 24.
— chemisches Verhalten 23.
— Entstehung im Chlorophyll 35.
— Verhalten gegen polarisirtes Licht 324.
Stamm, Bau, abnormer 368.
Stamm der Dikotyledonen 364.
— „ Monokotyledonen 360.
Staubbeutel, Bau 440.
Staubwegcanal 444.
Stempel, Bau 443.
Stengel der Bärlappe 354.
— „ Farne 356.
— „ Laubmoose 345.
— „ Lebermoose 343.
— „ Rhizocarpeen 359.
— „ Schachtelhalme 350.
Streifung der Zellhülle 81.
Stylosporen 420.

T.

Thyllen 244.
Tochterzelle 43.
Trama 332.
Traubenkörper (Cystolithen) 91.
Traubenzucker 20.
Treppengefässe 86.
Tüpfel 86.

U.

Umbildung der Zelle 59.
Urgewebe 138.

V.

Vacuolen 14. 92.
Verdickung der Zellhülle 65.
Verdickungsformen, ringförmige 78. 122.
— spiralige 79. 123.
— netzförmige 85. 126.
— poröse 85. 127.
— ungleichartige 89.
— leistenartige 89.
— Entstehung 91.
Verdickungsring 229.
Verdickungsschichten 67.
Verholzung der Zellhülle 97.
Verkorkung der Zellhülle 98.
Vierlingssporen, Entstehung 46.
Viertheilung der Zelle 54.

W.

Wachsthum der Zellhülle 59.
— durch Intussusception 72 ff.
— „ Apposition 72 ff.
Wandströmchen des Protoplasmas 12.
Wimpern 421.
Wurzel der Bärlappe 372.
— „ Dikotyledonen 375.
— „ Farne 372.
— „ Monokotyledonen 374.
— „ Rhizocarpeen 373.
— „ Schachtelhalme 370.
Wurzelhaube 382.

X.

Xylogen (= Holzstoff) 96.

Digitized by Google

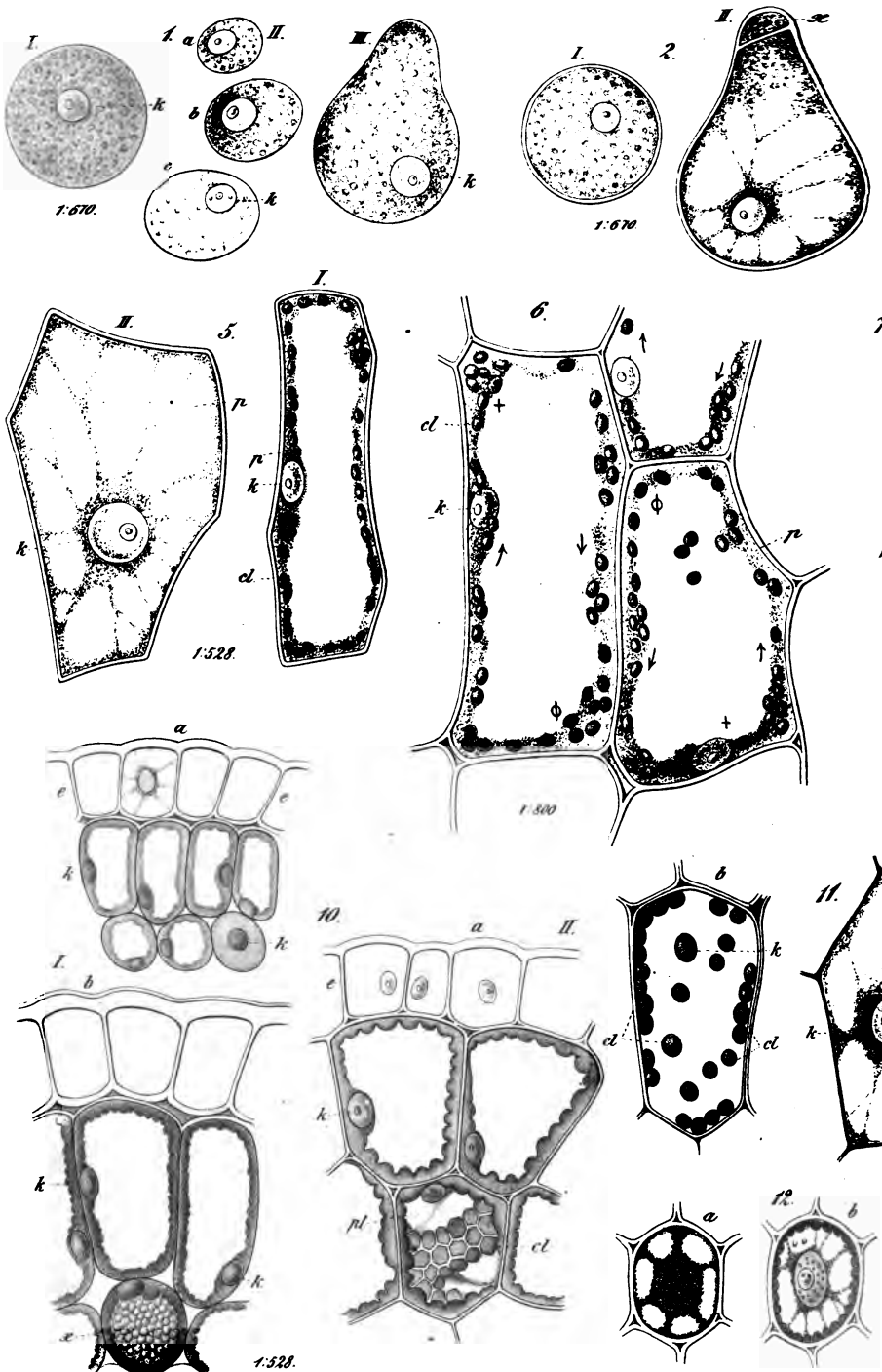
Z.

Zelle 1.
Zelle, Entstehung 42.
— Umbildung 59.
— Arten 105.
Zellenbildung, freie, Verbreitung u. Arten 43.
— — im Embryosack 43.
— — der Keimzellen 45.
— — „ Vierlingssporen und Pollenkörner 46.
— — der Ruhesporen 47.
— — „ Schwärmsporen 47.
Zellenbildung durch Theilung, Verbreitung und Arten 48.
Zellenbildung durch Theilung mit simultaner Abscheidung der Zellhülle 48.
Zellenbildung durch Theilung mit succedaner Abscheidung der Zellhülle 49.
Zellenfäden der Algen 341.
Zellgewebe 138.
Zellhaut 3.
Zellhaut, chemische Beschaffenheit 5.
— Verhalten gegen äussere Einflüsse 4.
— Verhalten gegen polarisirtes Licht 288.
Zellinhalt 10.
Zellkern 9.
Zellmembran 3.
Zellsaft 19.
Zellstoff 7.
Zellstoffbalken der Caulerpa 340.
Zellstoffhülle, primäre 6.
Zellstoffhülle, primäre, optisches Verhalten 7.
— — chemische Beschaffenheit 8.
— Verdickung 65.
— secundäre 67.
— secundäre, Schichtung 67.
— secundäre Schichtung, Entstehung 72.
— secundäre Schichtung, Zerstörung durch Pilze 116.
— tertiäre 67.
— chemische Umbildung 96.
— Structur 7.
— — bei Parenchymzellen 107.
— — „ Faserzellen 113.
— — „ Röhrenzellen 112 u. ff.
— Verholzung 97.
— Verkorkung 98.
— Verhalten gegen polarisirtes Licht 289.
Zelltheilung 48.
— im Cambium 49.
— „ Sameneiweiss 49.
— von Cladophora 50.
— „ Ulothrix 51.
— der Oedogonien 51.
— „ Specialmutterzellen der Pollenkörner und Sporen 54.
Zucker 20.
Zwischengewebe 256. 274.
Zwischenzellstoff 99.
Zygosporen 414. 422.

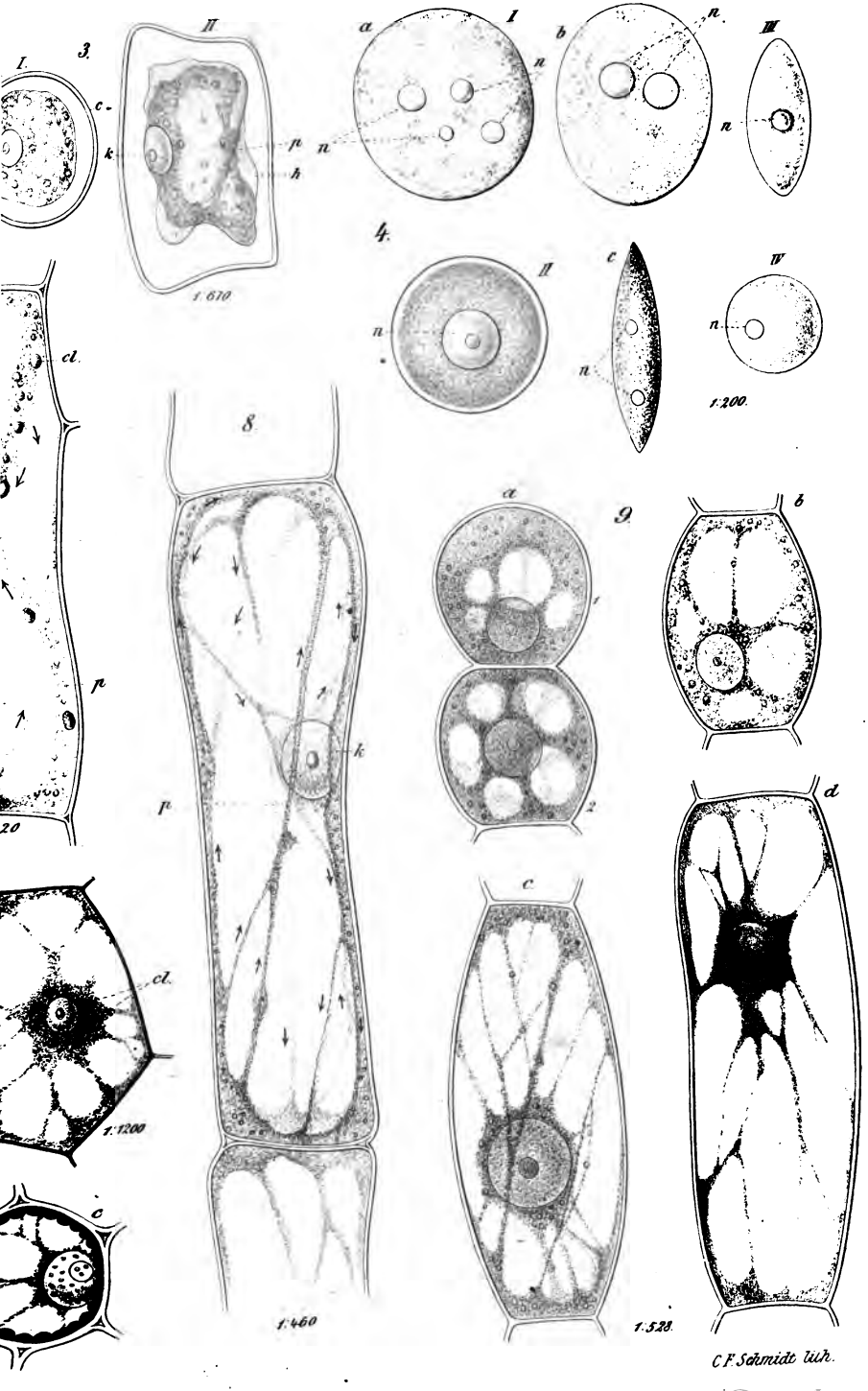
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



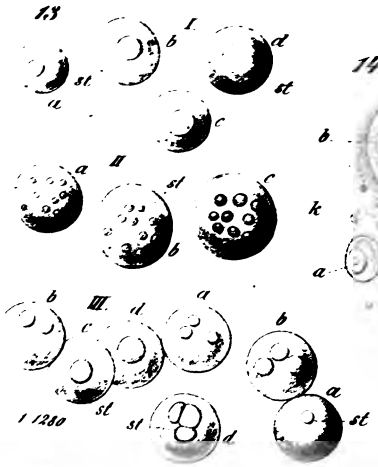
Digitized by Google

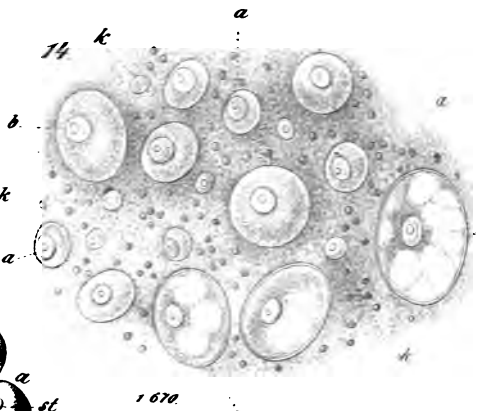


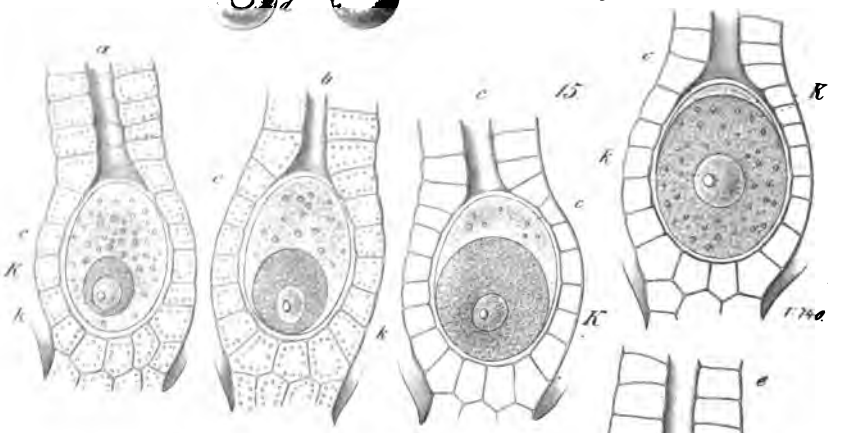
Digitized by Google

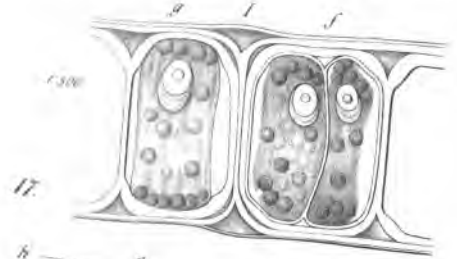
Digitized by Google

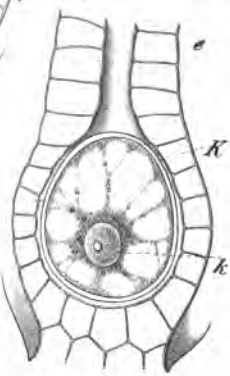
Digitized by Google

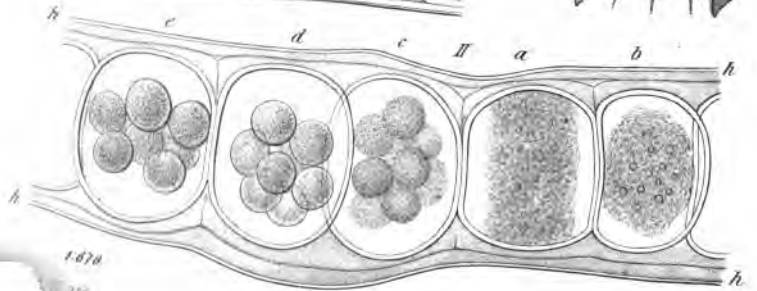






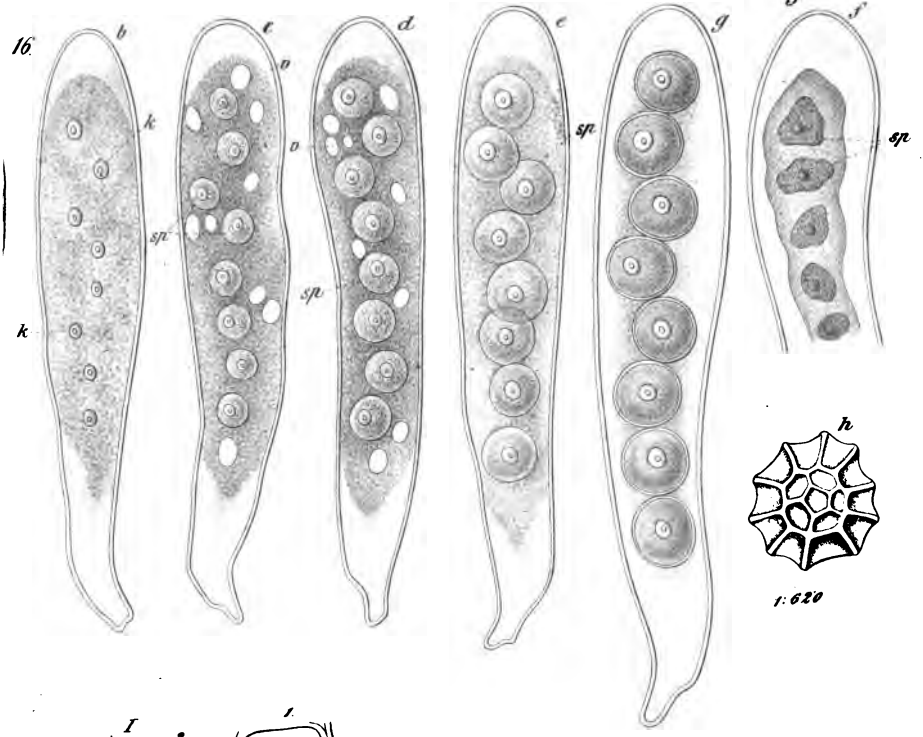


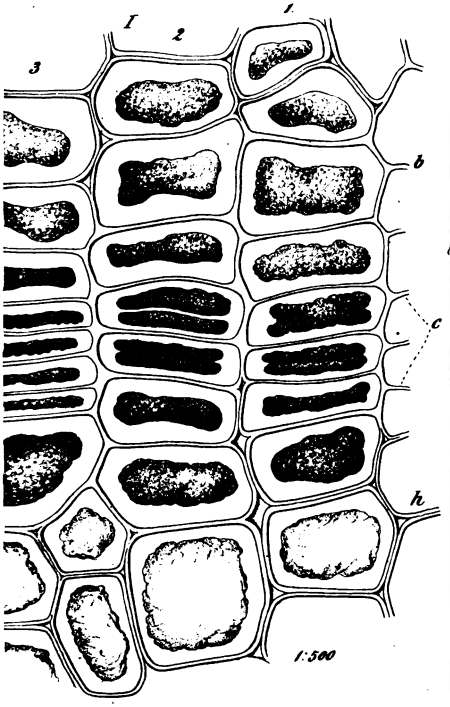


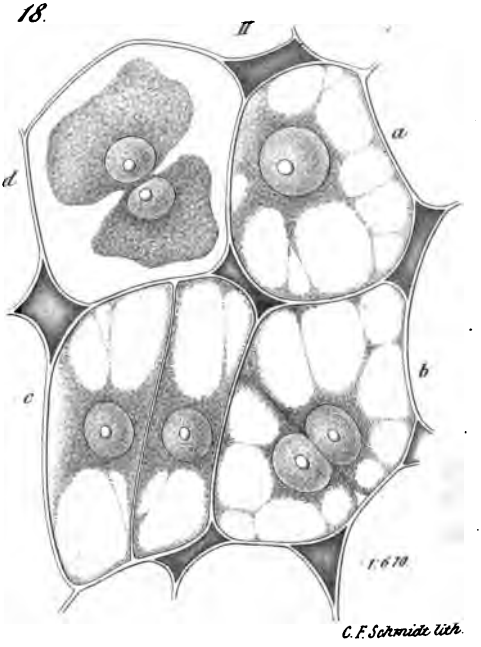


Digitized by Google

Taf. II.





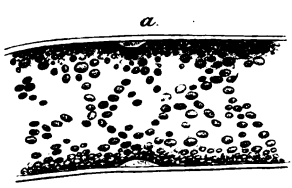


C. F. Schmidt lith.

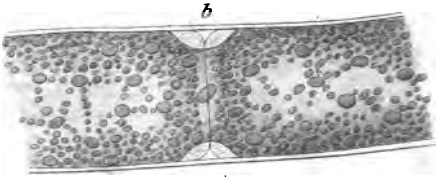
Digitized by Google

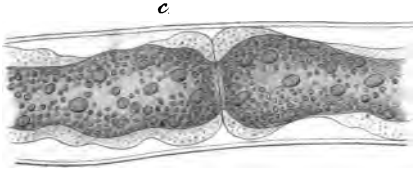
Digitized by Google

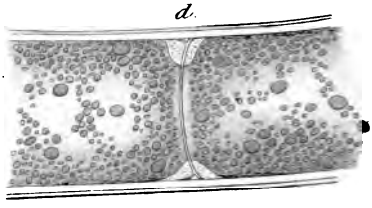
Digitized by Google

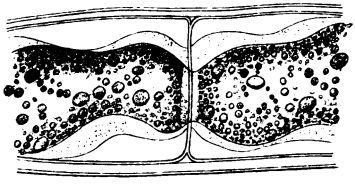


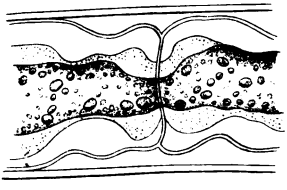
19.

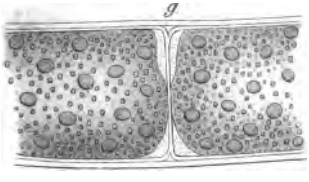




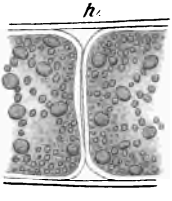


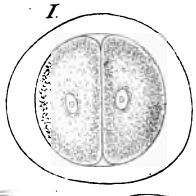


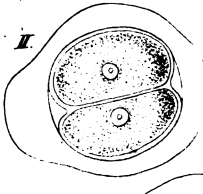




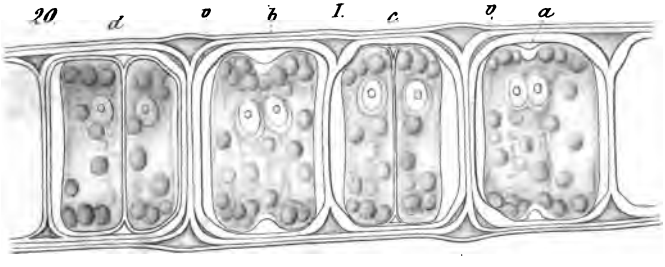
1:400



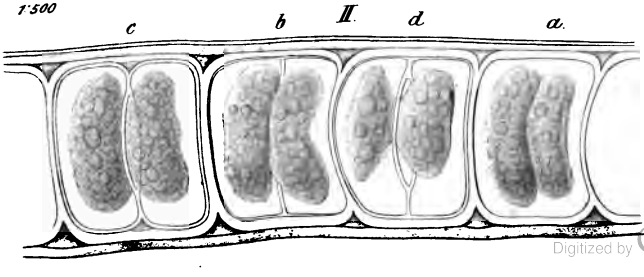




20

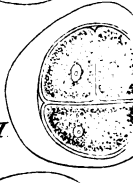


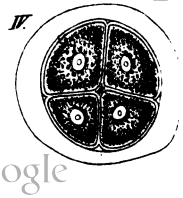
1:500



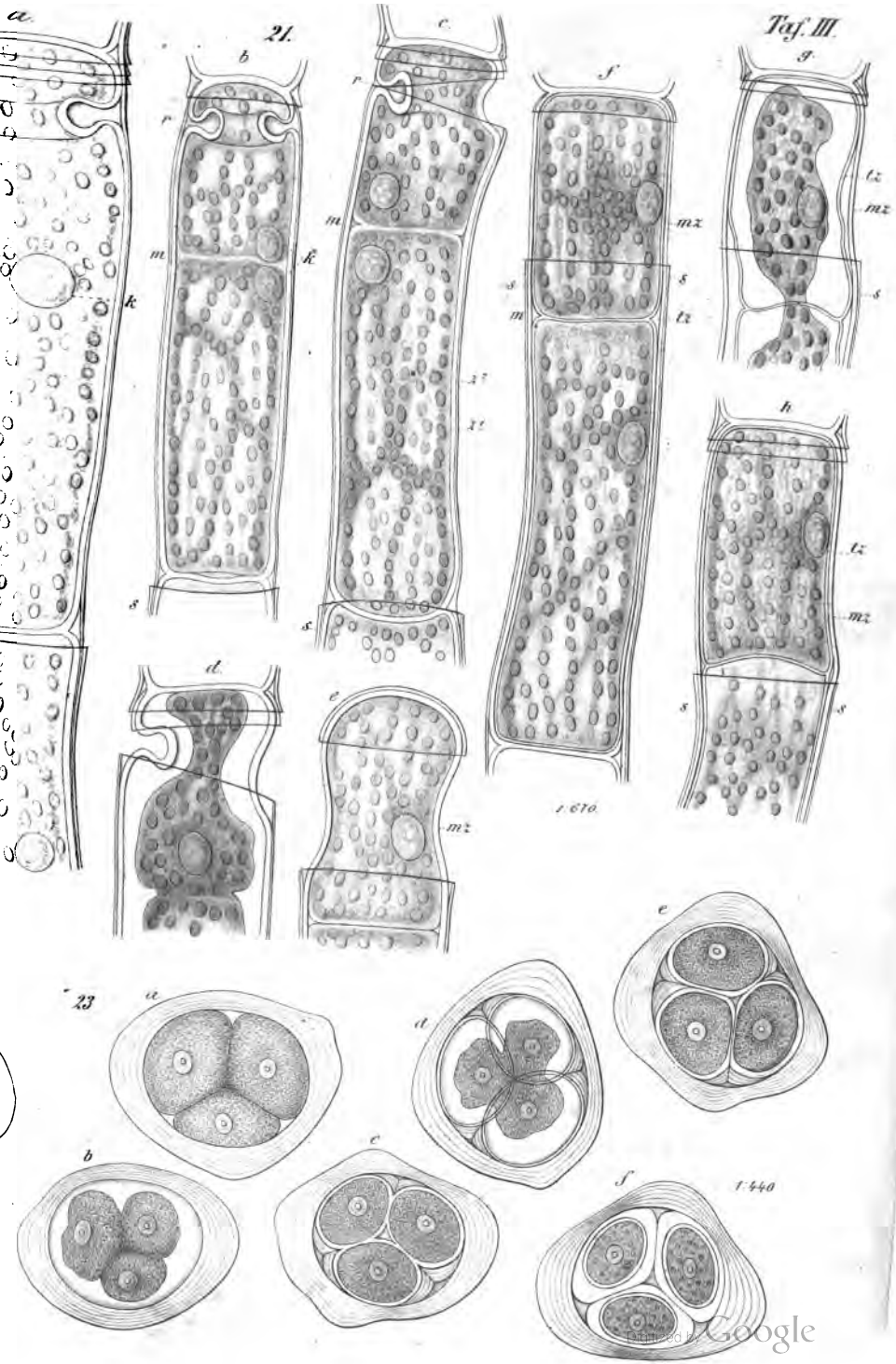
22

1:400





Digitized by Google

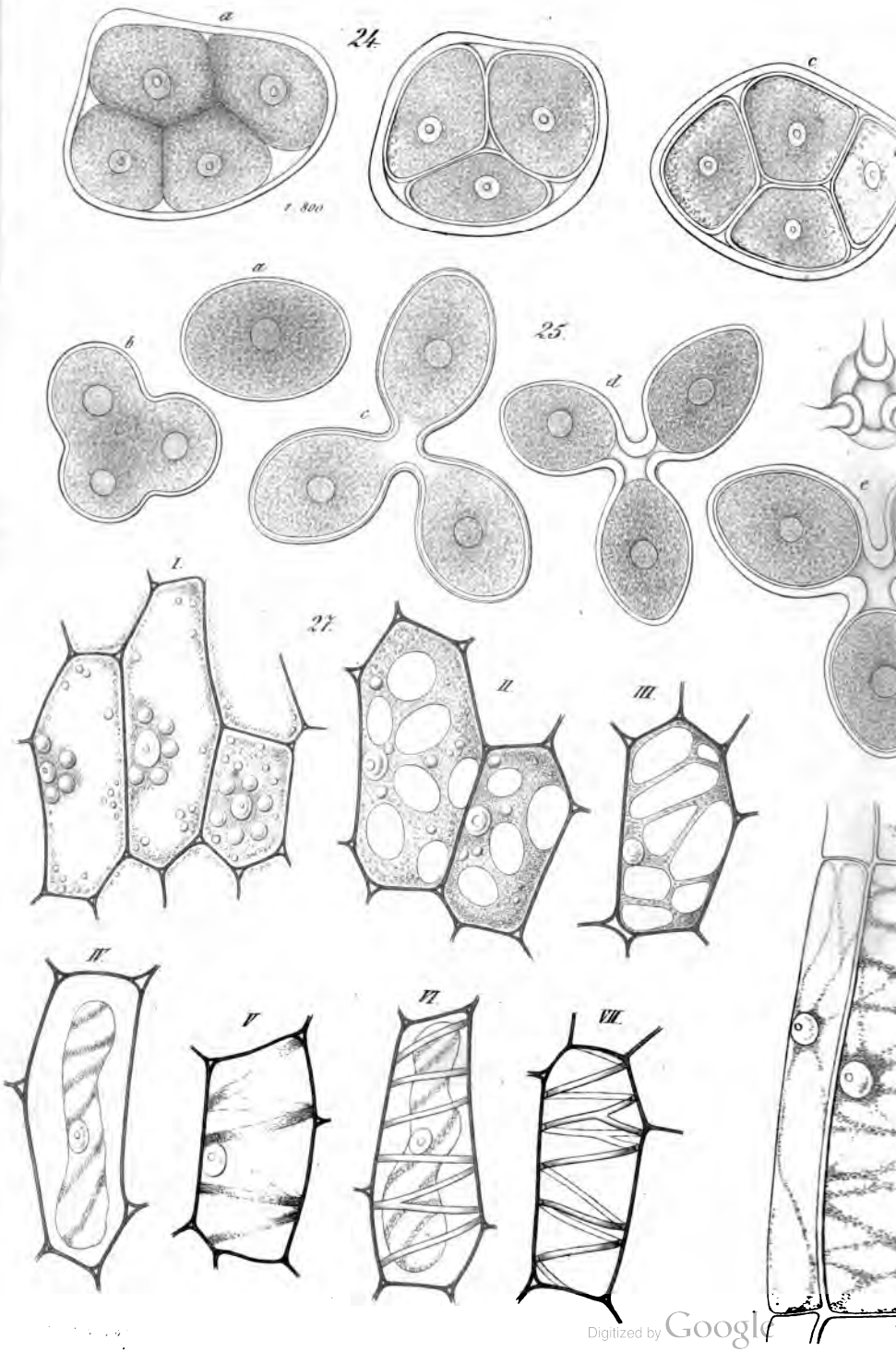


C. F. Schmidt lith.

Digitized by Google

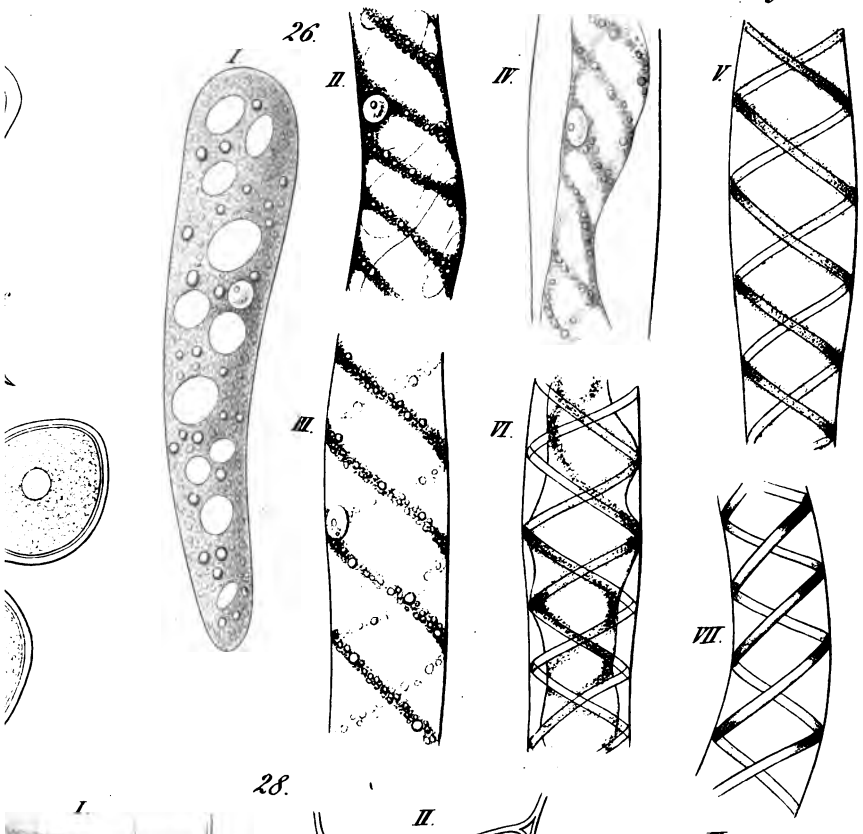
Digitized by Google

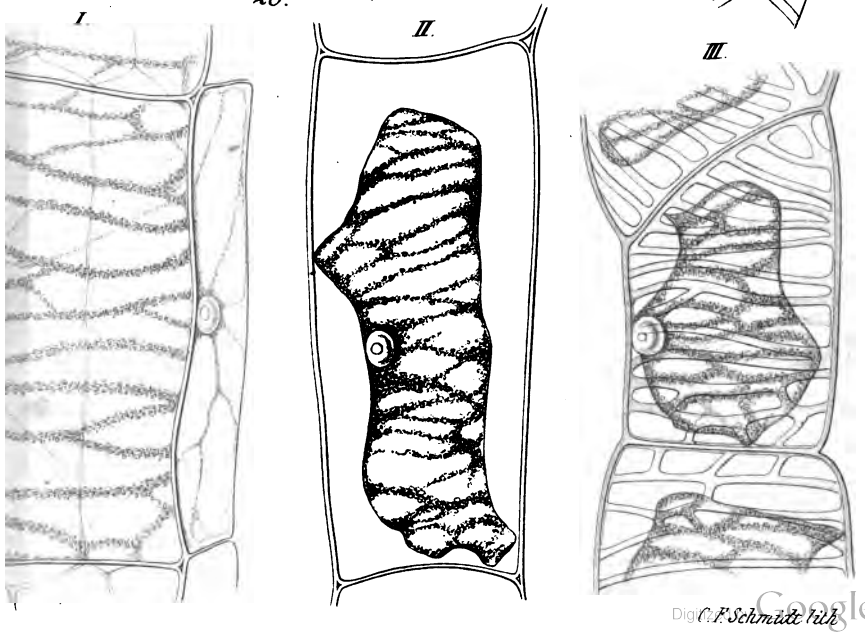
Digitized by Google



Digitized by Google

Taf. IV.



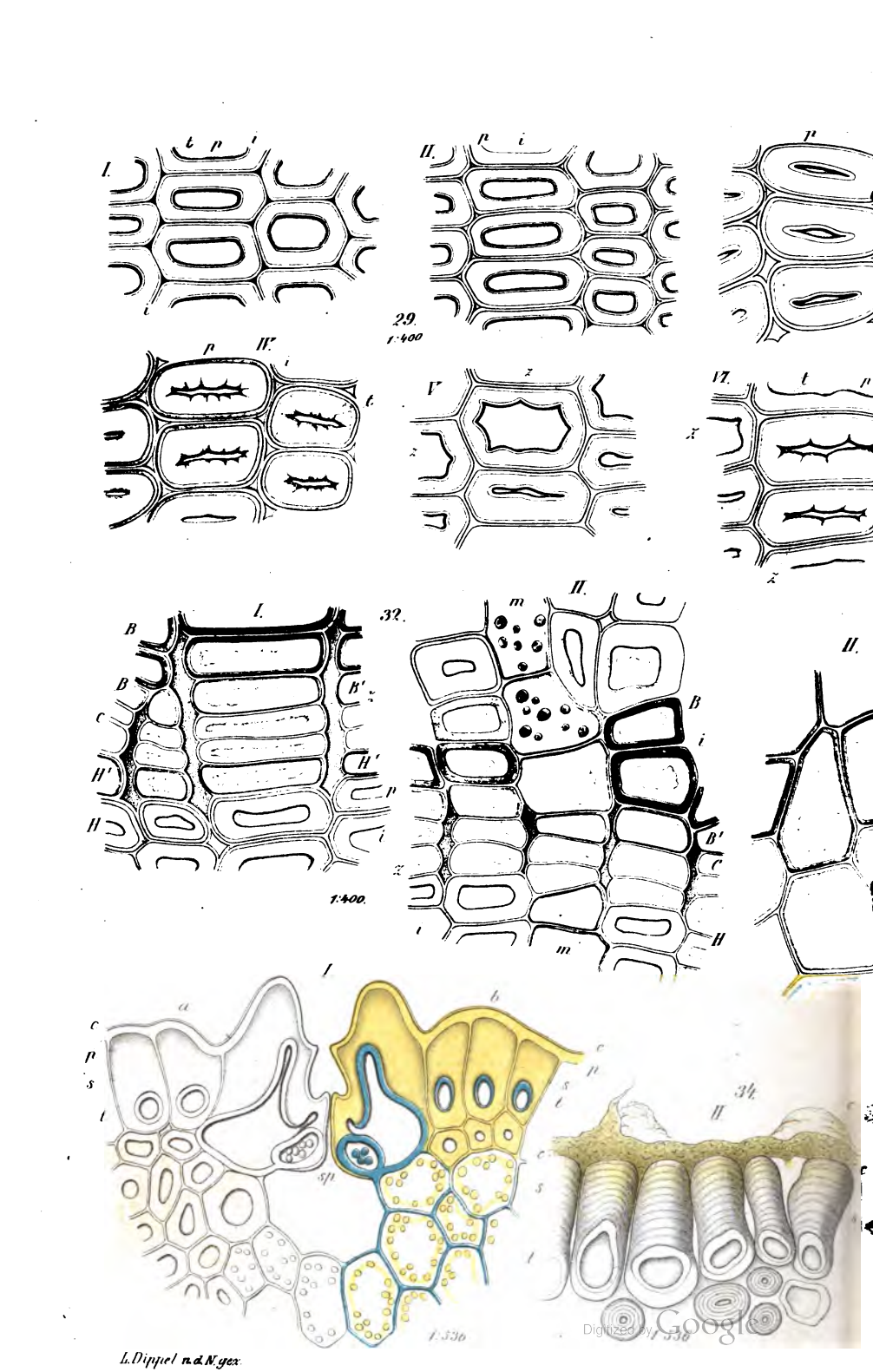


C.F. Schmidt lith.

Digitized by Google

Digitized by Google

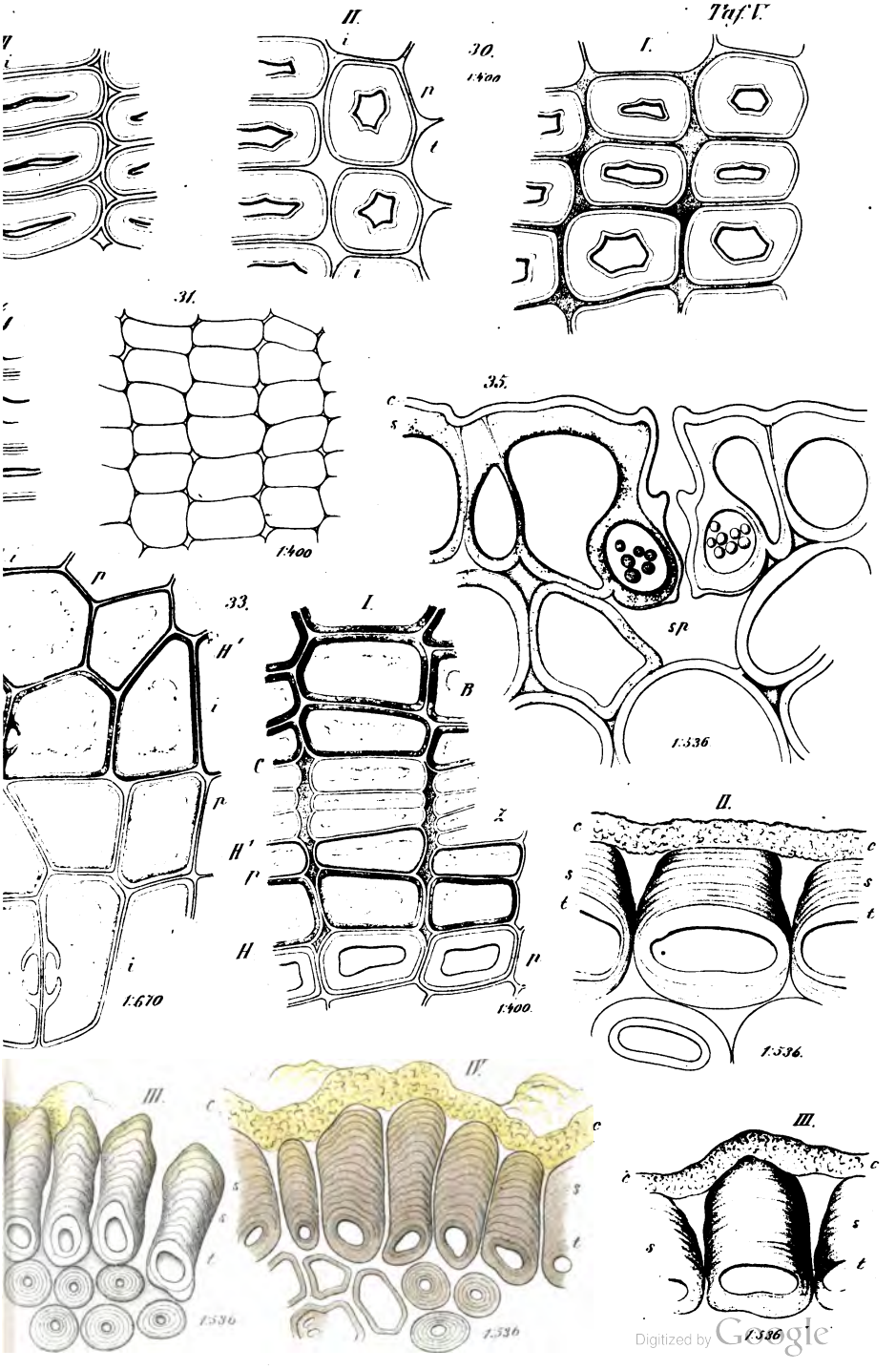
Digitized by Google



L. Dippel n. d. N. gez.

Digitized by Google

Taf. V.

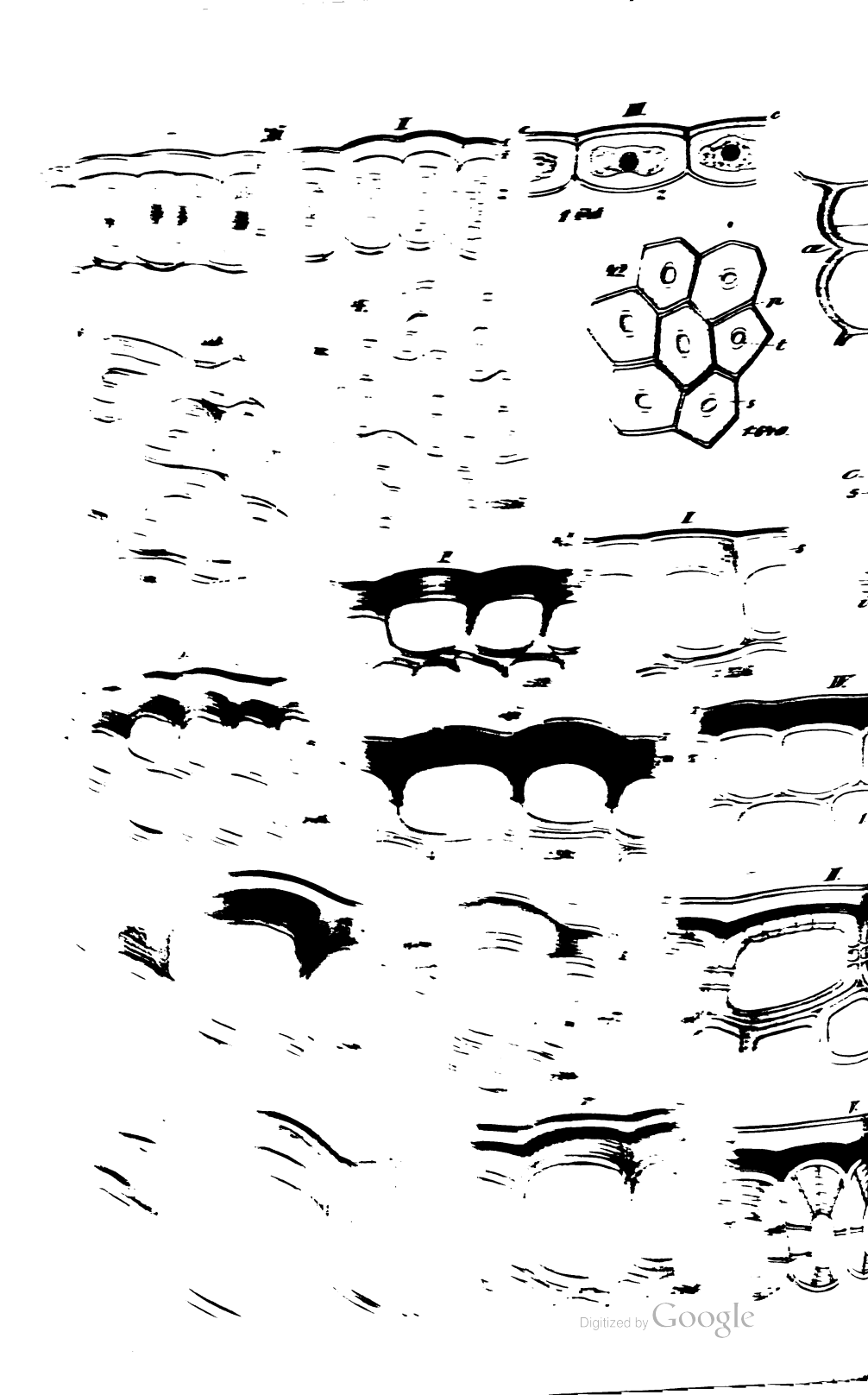


Digitized by Google

C.F. Schmidt lith.

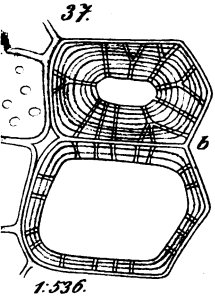
Digitized by Google

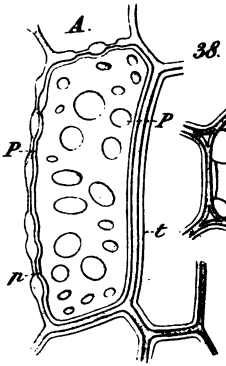
Digitized by Google

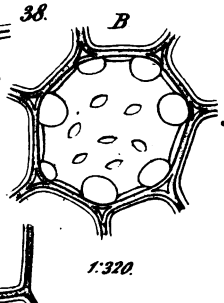


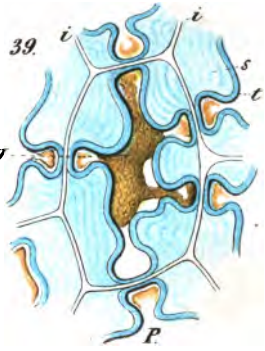
Digitized by Google

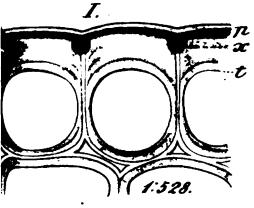
Taf. VI.

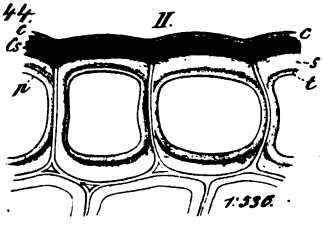


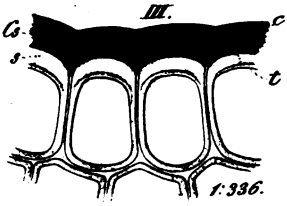


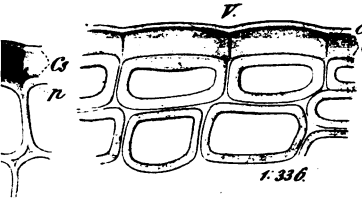


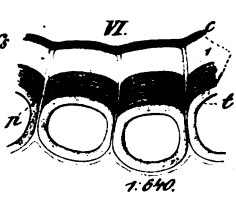


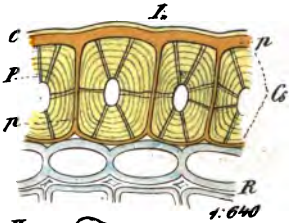


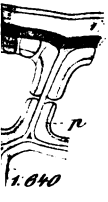


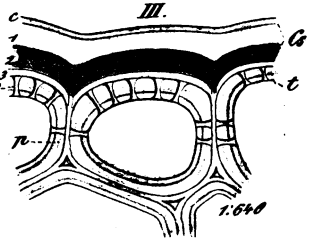


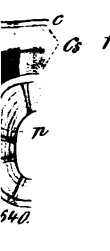


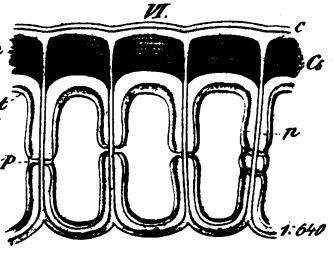


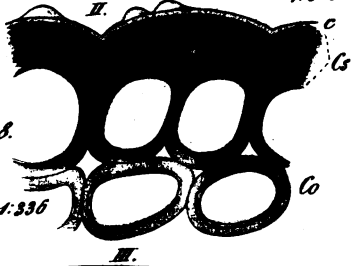


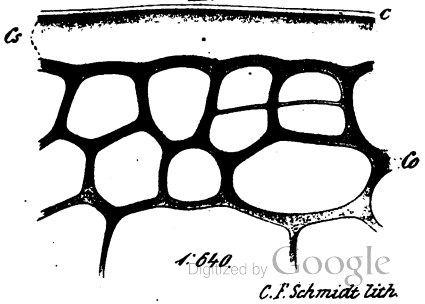












Digitized by Google

C.F. Schmidt lith.

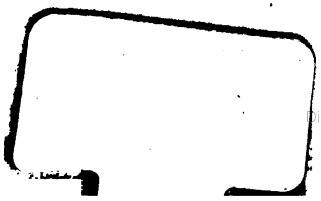
Digitized by Google

Digitized by Google

14 DAY USE
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED
Biology Library
This book is due on the last date stamped below, or on the date to which renewed.
Renewed books are subject to immediate recall.

SEP 27 1967
DUE
14 DAYS AFTER RECEIPT
INTERLIBRARY LOAN
9-25
SEP 6 1967
SEP 27 1967 1
APR 4 1968
JUN 10 1968 2
DAVIS
INTER-LIBRARY LOAN
14 DAYS AFTER RECEIPT
SEP 11 1959
SEP 30 1959
JUL 20 1966
DUE
14 DAYS AFTER RECEIPT
INTERLIBRARY LOAN
JUN 22 1966
LD 21-100m-6,'56 (B9311s10)476
General Library
University of California
Berkeley

Digitized by Google


Digitized by Google

Digitized by Google